



Aalto-yliopisto  
Insinöörیتieteiden  
korkeakoulu

Markus Rintala

# **TEOLLISUUDEN BETONIELEMENTTIRAKENTEIDEN TIETOMALLIPOHJAISTEN SUUNNITTELUKÄYTÄN- TÖJEN KEHITTÄMINEN**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 1.10.2017

Valvoja: Professori Risto Kiviluoma

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Teemu Ahonen

---

**Tekijä** Markus Rintala

---

**Työn nimi** Teollisuuden betonielementtirakenteiden tietomallipohjaisten suunnittelu-  
käytäntöjen kehittäminen

---

**Koulutusohjelma** Rakenne- ja rakennustuotantotekniikka

---

**Pää-/sivuaine** Rakennetekniikka/Rakentamistalous

**Koodi** Rak.thes

---

**Työn valvoja** Professori Risto Kiviluoma

---

**Työn ohjaaja(t)** DI Teemu Ahonen

---

**Päivämäärä** 16.10.2017

**Sivumäärä** 94 + 26

**Kieli** Suomi

---

### Tiivistelmä

Diplomityön tavoite oli selvittää tietomallipohjaisen betonielementtirakenteiden suunnittelun kehitystarpeet piirustuksien, listojen ja raporttien luomisessa teollisuuden rakennuskohteissa. Lisäksi tavoitteena oli kartoittaa ja kehittää projektipäälliköiden tietomallipohjaista työskentelyä. Tutkimus rajattiin koskemaan betonielementtirunkoisia teollisuuden rakennuksia, mutta tuloksia voidaan hyödyntää myös muissa betonielementtirakenteiden suunnittelukohteissa. Tutkimus rajattiin lisäksi koskemaan vain tietomallipohjaista suunnittelua hankintoja palvelevan ja toteutussuunnittelun vaiheissa.

Tutkimus toteutettiin kahdessa osassa. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa kartoitettiin tietomallipohjaisen suunnittelun nykytilanne ja betonielementtirakenteiden rakenne-  
suunnittelun sisältö hankintoja palvelevan suunnittelun ja toteutussuunnittelun vaiheissa. Kirjallisuustutkimuksella kerättiin aineistoa tapaustutkimusta ja haastatteluja varten. Tutkimuksen toinen osio toteutettiin haastatteleamalla tapaustutkimuksen kohteen tietomallipohjaista suunnittelua toteuttavia rakennesuunnittelijoita ja projektipäälliköitä. Haastattelut analysoitiin ja niistä tehtiin johtopäätökset tietomallipohjaisen betonielementtisuunnittelun kehitystarpeista.

Tutkimuksen haastattelujen analysoinnin tuloksena saatiin selville tietomallipohjaisen betonielementtisuunnittelun ja suunnittelukäytäntöjen kehitystarpeet sekä selvitettiin, miten löydettyjä ongelmia pystyttäisiin ratkomaan tulevaisuudessa. Tutkimustuloksen lisäksi esitettiin ehdotuksia tietomallipohjaisen suunnittelun kehityshankkeen jatkotutkimuksille ja insinööritöille. Tutkimuksen ohella päivitettiin elementtiluettelot toimivaksi kokonaisuudeksi tietomallipohjaisen suunnitteluohjelmiston kanssa ja luotiin ohjeistus kahden tietomallipohjaisen suunnitteluohjelmiston lisäsovelluksen käytölle.

Suurimmat ongelmat tietomallipohjaisessa suunnittelussa johtavat juurensa pääsääntöisesti suunnittelijoiden tietomallinnuskäytäntöihin, tietomallin piirustustilan valmiiden piirustusasetuksien, tietomallin ja piirustuksien muutoksien tekemiseen. Projektipäälliköiden tietomallipohjaisten sovellusten käytön tietotaidon puute tulisi korjata järjestämällä koulutuksia ja tietomallin tarkastamisen vastuut tulisi määritellä tarkemmin tietomallikoordinaattorin ja projektipäällikön välillä.

---

**Avainsanat** Betonielementtirakenteet, BIM, tietomallipohjainen suunnittelu, suunnittelukäytäntö, teollisuusrakenteet, projektinjohto, projektinohjaus, rakennusteollisuus, hankintoja palveleva suunnittelu, toteutussuunnittelu

---

---

**Author** Markus Rintala

---

**Title of thesis** Development of building information model based design-practice of precast concrete structures used in industrial facilities

---

**Degree programme** Structural Engineering and Building Technology

---

**Major/minor** Structural Engineering/Construction Economics and Management

---

**Code** Rak.thes

---

**Thesis supervisor** Professor Risto Kiviluoma

---

**Thesis advisor(s)** M.Sc. Teemu Ahonen

---

**Date** 16.10.2017

---

**Number of pages** 94 + 26

---

**Language** Finnish

---

### Abstract

The aim of this master's thesis was to find out the needs of development in BIM-based designing of prefabricated concrete structures in the creation of drawings, lists and reports in the field of industrial construction. On top of that the aim was to map and develop project managers' BIM-based work. The study was limited to prefabricated concrete buildings in the field of industry but the results can also be utilized in other design fields for prefabricated concrete structures. In addition, the study was limited to the phases of tendering design phase and implementation design phase.

The study was carried out in two parts. In the first part of the study, the current state of BIM-based designing and the structural design of prefabricated concrete structures were mapped at the stages of tendering and implementation design phases. Material for case study and interviews were collected by literature study. The second part of the study was carried out by interviewing structural designers and project managers implementing BIM-based design in the case study project. The interviews were analyzed and conclusions of the problems in the BIM-based design-practices were made from the material.

As a result of analysis from the interviews of the study, the needs of development in the BIM-based model design and design-practices of the prefabricated concrete structures were discovered. Furthermore, the possible ways to solve these problems were considered. In addition to the results of the study, proposals for further research and engineering graduate studies to advance the development project of BIM-based design were presented. Along with the study, the lists of drawings and prefabricated concrete structures were updated to interoperate with BIM-based designing software and guidelines for the use of two additional BIM-software applications were created.

The major problems in BIM-based design come from the design practices of the designers, BIM-software's drawing templates, making changes to the model and drawings. Project managers' lack of know-how of the BIM-based software applications should be fixed by organizing training and responsibilities of model checks and clash detection checks should be defined more precisely between BIM-coordinator and the project managers.

---

**Keywords** Prefabricated concrete structures, BIM, Building information modelling, practice, industrial construction projects, project management, construction industry, tendering design, implementation design

---

## Alkusanat

*Tämä diplomityö on tehty opinnäytetyönä Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun Rakennustekniikan laitokselle. Työn valvojana on toiminut sillanrakennustekniikan professori Risto Kiviluoma ja ohjaajana Diplomi-insinööri Teemu Ahonen. Mitä vilpittömimmät kiitokset heille työn ohjaamisesta, valvomisesta ja arvokkaista neuvoista. Diplomityön aihe syntyi osana Pöyry Finland Oy:n teollisuuden rakenteiden betonielementtisuunnitteluprosessin kehityshanketta ja kehittyi yhteistyönä Aalto-yliopiston ja Pöyry Finland OY:n kanssa. Tahdon kiittää työnantajaani Pöyry Finland Oy:tä myös diplomityön rahoittamisesta.*

*Haluan kiittää kaikkia haastatteluihin osallistuneita henkilöitä tasavertaisesti. Haastattelujen perusteella saimme tärkeitä aineistoa tulevaisuuden teollisuuden betonielementtirakenteiden suunnitteluprosessin kehittämistä silmällä pitäen. Haastatteluissa tuli ilmi mielenkiintoisia asioita ja haastatteluissa oli rehellinen sekä rakentava ilmapiiri.*

*Tahdon erityisesti kiittää myös perhettäni sekä kaikkia läheisiäni ja ystäviäni, jotka ovat toimineet vakaana tukena työn elinkaaren aikana.*

Espoo 16.10.2017

Markus Rintala



# Sisällysluettelo

Kansilehti.....	1
Tiivistelmä.....	2
Abstract.....	3
Alkusanat .....	4
Sisällysluettelo .....	5
Lyhenteet.....	7
1 Johdanto .....	8
1.1 Tutkimuksen tausta .....	8
1.2 Tutkimusongelma.....	9
1.3 Tutkimusmenetelmät, rajaus, toteutus ja aineisto .....	10
2 Rakennesuunnittelu teollisuuden betonielementtirakenteissa.....	12
2.1 Teollisuusrakentamisen erityispiirteet .....	12
2.2 Elementtirakentamisen historia Suomessa.....	13
2.3 Projektin sidosryhmät .....	15
2.4 Projektipäällikkö – työ, vastuu ja rooli .....	15
2.5 Pääsuunnittelijan tehtävät .....	17
2.6 Rakennesuunnittelun sisältö ja säädöspäätökset.....	17
2.7 Rakennesuunnittelun päävaiheet ja eteneminen.....	19
2.8 Hankintoja palvelevat suunnitelmat ja toteutussuunnittelu.....	22
2.9 Tietomallinnetun suunnittelun ohjaus toteutussuunnittelussa.....	24
2.10 Toteutusvaiheen aikataulutus ja ohjaus.....	25
2.11 Tuoteosakauppa malli 1 .....	28
3 Tietomallipohjainen suunnittelu .....	31
3.1 Tietomallinnettu suunnittelu .....	31
3.1.1 Yleistä .....	31
3.1.2 IFC-tiedonsiirto .....	32
3.1.3 Tulosteet.....	33
3.2 Tietomallipohjaisen suunnittelun hyödyt.....	33
3.2.1 Törmäystarkastelut.....	33
3.2.2 Analyysit .....	34
3.2.3 Aikatauluttaminen (4D) .....	34
3.2.4 Kustannusarviot (5D).....	34
3.3 Tietomallipohjainen suunnittelu projektinjohtamisessa.....	35
3.4 BIM-kypsyysasteet.....	38
3.5 Tietosisältö hankintoja palvelevassa ja toteutussuunnittelussa.....	41
3.5.1 Tietomallinnettavien rakenteiden yleinen tietosisältö.....	41
3.5.2 Hankintoja palveleva suunnittelu.....	42
3.5.3 Tietomallipohjainen reikä- ja varaussuunnittelu.....	44
3.5.4 Reikäpiirustusten tekoprosessi .....	45
3.5.5 Toteutussuunnittelu .....	46
4 Rakennesuunnittelun asiakirjat .....	49
4.1 Suunnitteluasiakirjat ja niihin kohdistuvia vaatimuksia .....	49
4.2 ISO-standardit betonielementtirakentamisen piirustuksissa .....	50
4.3 Tuotehyväksyntä ja CE-merkintä.....	51
4.4 Betonielementtirakenteiden työselostus ja muut asiakirjat.....	54
4.5 Päärakennesuunnittelun piirustukset ja luettelot.....	56
4.5.1 Suunnitelmien valmiusaste ja esitystapa.....	56

4.5.2	Betonielementtirunkorakenteet .....	56
4.5.3	Mittapiirustukset .....	57
4.5.4	Raudoituspiirustukset .....	58
4.5.5	Tartuntapiirustukset .....	59
4.5.6	Yleis- ja rakenneleikkaukset .....	59
4.5.7	Tyyppielementtipiirustukset .....	60
4.5.8	Luettelot .....	60
4.6	Tuoteosasuunnittelu .....	60
4.6.1	Yleistä .....	60
4.6.2	Tasopiirustukset .....	61
4.6.3	Seinäelementtikaaviot .....	62
4.6.4	Valmistuspiirustukset .....	63
4.6.5	Elementtikohtaiset jännebetonirakenteiden mittapiirustukset .....	63
4.6.6	Detaljit .....	64
4.6.7	Elementti-, materiaali- ja raudoiteluettelot .....	64
5	Haastattelut .....	66
5.1	Haastattelujen tarkoitus .....	66
5.2	Haastateltavat .....	66
5.3	Haastattelun rakenne .....	67
5.4	Haastattelut rakennesuunnittelijoille .....	68
5.4.1	Piirustuksien luomisen ongelmat ja automaatio .....	68
5.4.2	Tietomallin ja piirustuksien muutostenhallinta .....	70
5.4.3	Tietomallin tarkastaminen .....	71
5.4.4	Tietomallin urakka- ja toteutusvaihe .....	72
5.5	Haastattelut projektipäälliköille .....	72
5.5.1	Tietomalli työnteon apuna .....	72
5.5.2	Tietomallin käytön ero urakka- ja toteutusvaiheessa .....	72
5.5.3	Tietomallin käytön kehitystarpeet .....	75
5.5.4	Piirustusluettelot ja niiden sisältö .....	77
5.5.5	Tietomallin tarkastaminen .....	78
5.5.6	Tietomallin ja piirustuksien muutostenhallinta .....	79
5.5.7	Detaljit ja detaljikirjasto .....	80
5.5.8	Tietomalliohjelman liitännäissovellukset .....	81
6	Tulosten arviointi .....	83
6.1	Merkittävimmät löydökset .....	83
6.1.1	Piirustukset ja raportit .....	83
6.1.2	Muutostenhallinta .....	84
6.1.3	Tietomallin tarkastaminen .....	85
6.2	Kehitys ja työkalut .....	85
6.3	Aineiston luotettavuus .....	87
7	Yhteenveto ja johtopäätökset .....	88
	Lähdeluettelo .....	91
	Liiteluettelo .....	94
	Liitteet .....	95

## Lyhenteet

BEC	Betonielementti-CAD
BIM	Building Information Model tai Tietomalli
CAD	Computer-aided Design
CMM	Capability maturity model
ETA	Eurooppalainen teknillinen arviointi
EU	Euroopan unioni
hEN	Harmonisoitu eurooppalainen tuotestandardi
IFC	Industrial Foundation Classes
IEC	The International Electrotechnical Commission
ISO	The International Organization for Standardization
LVI	Lämpö, vesi ja ilmanvaihto
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
NAS	Suomen kansallinen soveltamisstandardi
NBIMS	National Building Information Modelling Standard
RakMK	Rakentamismääräyskokoelma
RIL	Rakennusinsinööriliitto
SFS	Suomen Standardoimisliitto
TATE	Talotekniikka
UDA	User Defined Attributes
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tietomallipohjainen suunnittelu on yleistynyt rakennusosalalla ja lähes jokainen suuri suunnittelutoimisto on jo siirtynyt perinteisestä kaksiulotteisesta CAD-suunnittelusta jonkinasteiseen tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa on periaatteena rakentaa yhtä yhteistä mallia kaikkien eri suunnitteluosapuolten kanssa. Tietomallista on mahdollista tulostaa monenlaista dataa, joka täsmentyy ja täydentyy projektin aikana projektin eri vaiheissa. Koska tietomallissa toimii yhtä aikaa moni osapuoli ja suunnittelun eri osa-alueet vaikuttavat toisiinsa, projektin alussa työskentely vaikuttaa työläältä ja vaatii hyvää työn suunnittelua. Hyvin hoidettu tietomalli kuitenkin auttaa kokonaisuudessa välttämään ristiriitoja ja virheitä toteutusvaiheessa sekä nopeuttaa huomattavasti laskelmien, piirustuksien ja simulaatioiden muuttamista, päivittämistä ja uusien luomista. Koska tietomallintaminen on laajempi kokonaisuus kuin yksittäinen suunnittelumenetelmä, on tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirtyminen luonut tarpeen ajattelutapojen muutokselle sekä valmiudelle kehittää suunnitteluun liittyviä prosesseja. Jotta suunnittelussa käytettävää tietomallia pystyttäisiin hyödyntämään täysmääräisesti ja tehokkaasti, tulisi suunnitteluprosessiin luoda selvät pelisäännöt, aikataulut ja tehtäväjaot. Projektin johto ja koordinointi saa yhä suuremman painoarvon projektin läpiviennissä.

Suurissa teollisuuden projekteissa projektinhallintamenetelmät ovat keskeisessä osassa kokonaisuuden oikea-aikaisen ja tehokkaan onnistumisen kannalta. Tietomallipohjaisen suunnittelun kehittyessä olisi kehitettävä projektin hallintaa, seuranta ja raportointia tietomallin ohella. Projektia hallinnoiville henkilöille tulisi kehittää helppokäyttöisiä työkaluja raportointiin. Tällä hetkellä suurimmat kehitystarpeet löytyvät tietomallinnetun suunnittelun osalla ovat tietomallin muutosten hallinnassa ja tietomallin pitämisessä ajan tasalla.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan tietomallipohjaisen rakenneteknisen suunnittelun suunnittelukäytäntöjä teollisuuden betonielementtirakenteisiin liittyvissä tehtävissä ja käydään läpi, mihin tietomallia voidaan käyttää projektin eri vaiheissa, mitä tietomallinnuksella voidaan saada aikaan ja mitä kaikkea tulisi tietomallinnuksessa ottaa huomioon projektin eri vaiheissa sujuvan suunnitteluprosessin saavuttamiseksi. Tutkimuksessa on käytetty tapaustutkimuksena BillerudKorsnässin tilaamaa kartonkikonehallia, jonka rakennesuunnittelusta vastaa Pöyry Finland Oy. Nykyiset mallinnuskäytännöt ja piirustusten tulostaminen mallista on peräisin vanhan 2D-suunnittelun ajalta ja siten vaivalloista sekä ongelmia tuottavaa tietomallinnuksen kanssa. Tutkielmassa selvitetään nykyisten tietomallipohjaisten suunnittelukäytäntöjen puutteita ja kehitetään niille ratkaisuja.

Betonielementtiprojektissa tietomallinnus mahdollistaa erilaisten tarkempien ja automatisoitujen projektitulosteiden luomisen. Esimerkiksi urakkavaiheen suunnittelussa tehdään vielä 2D-kuvia vain laskentaa ja työn suunnittelua varten, kun nykyisillä työkaluilla moni vielä perinteisistä kuvista laskettava asia saataisiin tulostettua suoraan tietomallista. Tässä tutkielmassa selvitetään tietomallissa tarvittua tietosisältöä ja tutkitaan, miten se voitaisiin tehokkaasti tuottaa tilaajalle ja elementtivalmistajille. Työn toisena osana on miettiä, mitä tietoja projektipäällikkö tarvitsee tietomallista ja miten projektipäälliköt saataisiin tehokkaasti käyttämään 3D-mallinnusohjelmia ja niiden liitännäisiä sekä näin ollen hyödyntämään betonielementtiprojektin hallintaa tietomallipohjaisesti.

## **1.2 Tutkimusongelma**

Betonielementtisuunnittelu mallipohjaisesti on vielä kohtalaisen uutta ja projektipäälliköiden tietomallipohjaisten suunnittelutyökalujen hyödyntäminen on nykyisin vielä vähäistä. Yksittäiset suunnittelijat ja mallintajat eivät ole kokeneita projektin hallinnassa ja mallista tehtävät tulosteet ovat vanhan kaksiulotteisen tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD) ajoilta. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa piirustukset pyritään nykyisin luomaan siten, että ne vastaavat vanhoja 2D-suunnittelussa toteutettuja piirustuksia. Tämä johtuu osittain siitä, että työmaalla on harvoin käytössä tietomallin kanssa yhteen toimivia ohjelmia. Kehitystarpeet tietomallipohjaisessa suunnittelussa ovatkin usein siitä johtuvia, ettei jokaisella hankkeen osapuolella ole yhtenäisiä ohjelmistoja ja suunnittelu-/dokumentointikäytäntöjä. Toisaalta tulosteiden tietosisällön ja piirustustaulukoiden päivittäminen tietomallipohjaiseen aikakauteen on ajankohtaista. Kaikille suunnittelun osapuolille ei ole selvää se, mitä dataa tietomalliin tulisi sisällyttää suunnittelun eri vaiheissa ja mitä tietoja siitä tulisi saada tulostettua tehokkaasti suunnittelun eri vaiheissa. Suunnittelussa jokaisen osapuolen tulisi olla perillä yhteisistä suunnittelukäytännöistä, jotta malliin mallinnettavat rakenteet olisivat tehokkaasti hyödynnettävissä myös projektin myöhäisemmissä vaiheissa ja projektitulosteita tehdessä.

Tutkimusongelma voidaan kiteyttää kolmeen osaan seuraavasti:

1. Mitkä ovat teollisuuden betonielementtirakentamisen tietomallipohjaisen suunnittelun kehitystarpeet sekä suunnittelijan, että projektipäällikön näkökulmasta.
2. Minkä tyyppisiä ratkaisuja näille ongelmille olisi olemassa ja miten projektipäälliköiden tietomallin käyttöä pystyttäisiin tehostamaan?
3. Kuinka tietomallinnuskäytäntöjä tulisi löydettyjen ongelmien pohjalta kehittää tulevaisuudessa?

Eli tutkimusongelma tässä tutkielmassa on yksinkertaisimmillaan se, miten projektipäällikkö pystyy hallitsemaan projektia mallista saatavilla tulosteilla esim. valmiusaste, piirustusluettelot jne. ja miten tietomallipohjainen suunnittelun etenemistä ja muutoksia projektin eri vaiheissa pystytään seuraamaan ja hallitsemaan tehokkaasti.

### **1.3 Tutkimusmenetelmät, rajaus, toteutus ja aineisto**

Tutkimuksen ensimmäinen tavoite on selvittää tietomallipohjaisen betonielementtirakennesuunnittelun kehitystarpeet piirustuksien, listojen ja raporttien luomisessa teollisuuden rakennuskohteissa, joiden pohjalta pystytään tehostamaan suunnitteluprosessia. Tutkimuksen toinen tavoite on kartoittaa ja kehittää projektinjohtamisen työkaluja tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja kehittää tietomallipohjaisia suunnittelukäytäntöjä sekä luoda suunta kehityksen etenemiselle.

Tutkimus on rajattu tietomallipohjaisen suunnittelun hankintoja palvelevan suunnittelun ja toteutussuunnittelun (Urakkavaihe ja toteutusvaihe) vaiheisiin teollisuuden betonielementtirakenteiden osalta. Tutkimuksessa selvitetään, mitä dataa tietomallin tulisi sisältää suunnittelun näissä vaiheissa ja miten tätä dataa pystytään tehokkaasti hyödyntämään. Tutkimus on rajattu Tekla Structures –ohjelmistolla tehtyyn tietomallipohjaiseen suunnitteluun teollisuuden suurikokoisissa rakennuskohteissa. Näitä teollisuuden rakennuskohteita ovat ensisijaisesti tuotantolaitokset, kuten esimerkkikohteena käytetty Ruotsiin rakennettava kartonkitehdas.

Tutkimus on kaksiosainen. Tutkimuksen ensimmäinen osio on toteutettu kirjallisuuskatsauksena sekä suomalaisen että kansainvälisiin tutkimuksiin. Kirjallisuustutkimuksessa kerättiin materiaalia tapaustutkimusta ja haastatteluja varten sekä kartoitettiin tietomallinnuksen ja betonielementtirakenteiden suunnittelun tilannetta yleisesti. Lisäksi selvitettiin nykyiset betonielementtirakennesuunnittelun standardit ja suomen ohjeistukset, joista on selvitetty suunnittelun sisältö hankintoja palvelevassa suunnittelussa ja toteutussuunnittelussa. Standardien ja ohjeistuksien sisältöä verrattiin tähänhetkiseen suunnitteluun Pöyry Finland OY:llä.

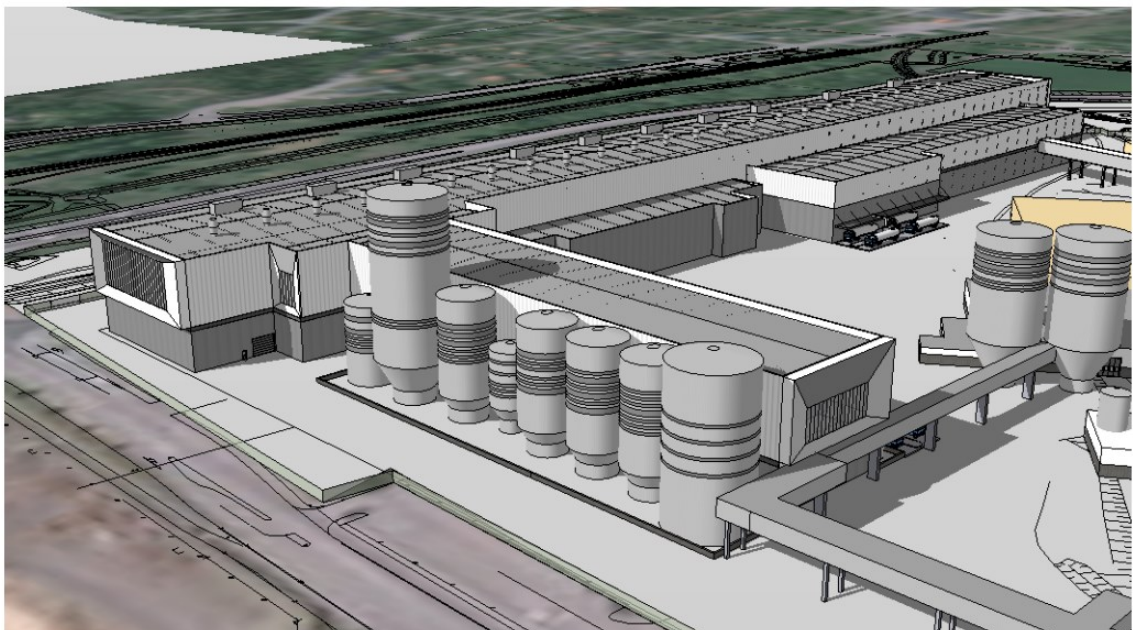
Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa kerrotaan tietomallipohjaisen suunnittelun tämän hetkisestä tilasta ja tulevaisuuden mahdollisuuksista teollisuuden betonielementtirakenteiden suunnittelussa. Tutkimuksen toinen osio on toteutettu haastattelemalla suunnittelijoita, projektipäälliköitä ja urakoitsijoita. Haastatteluilla selvitettiin ongelmia ja kehitystarpeita nykyisissä tietomallipohjaisissa suunnittelukäytännöissä ja tietomallin toimivuudessa projektinjohtamisen apuvälineenä. Haastattelujen ohella esiteltiin kaksi tietomallinsovelluksen liitännäistä, joiden käytöstä olisi hyötyä projektipäällikön tehtävissä. Haastattelut tehtiin laadullisena eli kvalitatiivisena tutkimuksena, jossa käytettiin harinnanvaraista otantaa.

Tutkielman ensimmäinen kappale käy läpi betonielementtirakenteiden rakennesuunnittelun käytännöt ja historian sekä suunnittelun, että suunnittelunohjauksen näkökulmasta teollisuuden rakenteissa. Ensimmäisessä kappaleessa esitellään perinteisen betonielementtihankkeen osapuolet ja suunnittelun eteneminen. Toisessa kappaleessa esitellään tietomallipohjainen suunnittelu ja sen hyödyt betonielementtirakenteiden osalta sekä tietomallipohjaisen suunnittelun urakka- ja toteutusvaiheen sisältö rakennesuunnittelussa. Tutkielman kolmannessa kappaleessa on esitelty nykyiset standardit ja Suomen Rakennusinsinöörienliiton luomat ohjeistukset suunnitelmien ja piirustuksien ulkoasulle ja tietosisällölle. Kolmannessa kappaleessa kerättiin materiaalia tietomallinnuksen kehityshankkeen etenemiselle ja piirustusohjelmien sekä listojen automatisointia varten. Neljännessä ja viidennessä kappaleessa on tämän tutkimuksen haastattelujen sisältö, aineisto ja analysointi. Viimeisessä kappaleessa on esitetty tämän tutkimuksen johtopäätökset ja ehdotuksia tuleville tutkimusaiheille. Tutkimuksen ohella ja haastattelun aineistoksi tehtiin myös lyhyet esittelyt ja ohjeet Tekla Structures ohjelmiston kahdesta liitännäissovelluksesta Tekla Organizer ja Tekla Status Tool. Haastattelujen rakenne suunnittelijoille ja projektinjohtajille ovat työn liitteinä 1 ja 2. Esittelyt ja ohjeet Organizerin ja Status toolin käyttöön ovat liitteenä 3. Liitteistä löytyy myös kappaleeseen kolme liittyvien eurooppalaisien standardien tiivistelmä (Liite 4). Työn ohella päivitettiin Pöyry Finlandin elementtiluettelot toimivaksi kokonaisuudeksi Tekla Organizerin kanssa.

## 2 Rakennesuunnittelu teollisuuden betonielementtirakenteissa

### 2.1 Teollisuusrakentamisen erityispiirteet

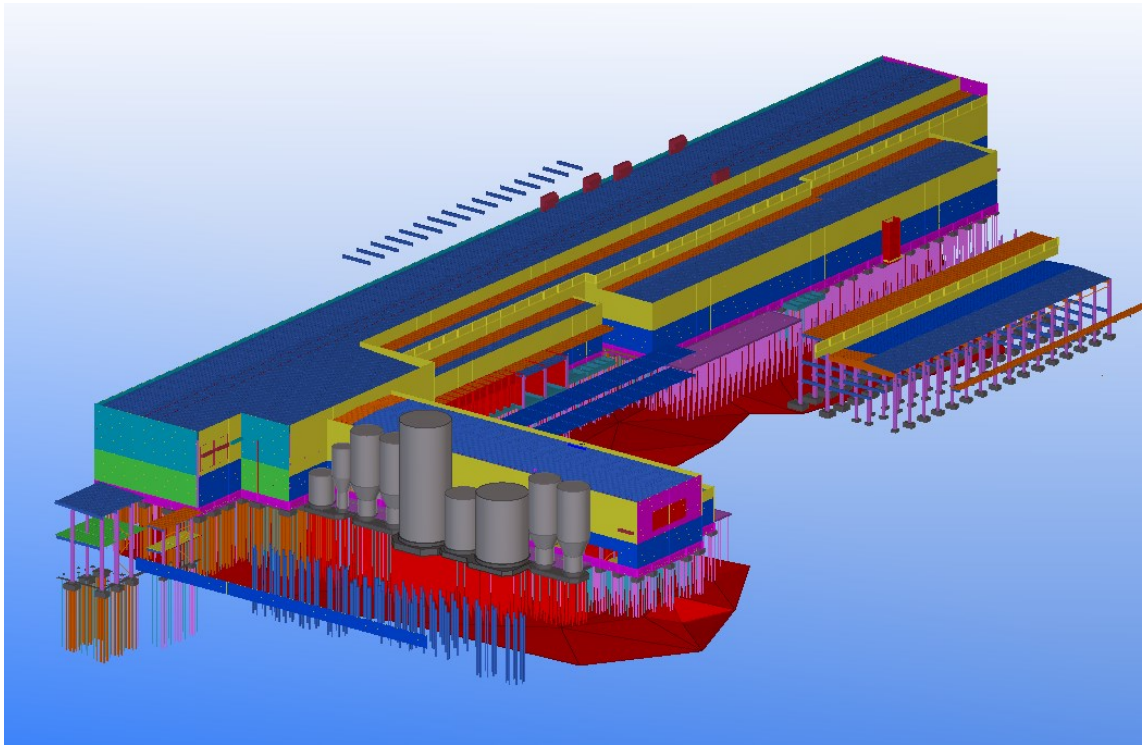
Teollisuuden rakennushankkeiden skaala on laaja. Teollisuushankkeet voivat olla yksinkertaisia ja yleispäteviä modulaarisia varasto- ja kokoonpanohalleja tai monimutkaisia kemian teollisuuden, elintarvike- ja metalliteollisuuden sekä energiantuotannon rakennuksia, joissa on erityisen yksilölliset tarpeet tuotantoprosessien toteutukselle. Teollisuushankkeiden rakennuksien muodosta ja käytetyistä ratkaisuista määräävät yleisesti rakennuksen sisällä toimiva prosessi. Teollisuushankkeessa rakennuksesta löytyy usein myös sekä modulaarisia, että vain yhtä tarkoitusta palvelevia osia. Tuotantolaitoksissa on harvoin kyse vain yhdestä prosessista, jonka lopputulosta voidaan pitää valmiina tuotteena. Valmiin rakennuksen jatkeeksi syntyy usein uusi prosessi, jonka jälkeen tulevaisuudessa rakennusta laajennetaan ja muutetaan yrityksen laajenemisstrategian mukaisesti. Kuvassa (Kuva 1) on esitetty arkkitehdin näkemys kartonkitehtaan tuotantohallista, jonka valmistuminen on suunniteltu 2019 vuoden ensimmäiselle neljännekselle. Projektiin on investoitu 650 miljoonan euroa. Teollisuushalleille tyypillistä on myös suuri koko sekä tästä johtuvat massiiviset ja pitkät elementti palkit ja pilarit. Kuvan teollisuushallilla on pituutta 412 metriä. (Tuominen 2012, BillerudKorsnäs 2016)



Kuva 1 Arkkitehdin kuva teollisuushallin suunnittelukokonaisuudesta. (BillerudKorsnäs 2016)

Teollisuusrakenteiden nopean suunnittelu- ja toteutusaikataulun, käyttö- ja muuntojoustavuuden sekä laajennettavuuden takia rakennuksen rungon ja ulkokuoren on oltava mahdollisimman yksinkertainen, toistuvaa ja helposti koottavaa. Parhaiten tähän rakentamisen tyyliin sopii modulaarisista yksiköistä koostuva runkojärjestelmä, joka sallii muutokset ja jota toistamalla rakennuksen laajentaminen on helppoa. Tämän tyyppinen elementtirakentaminen on nopea ja edullinen tapa verrattuna paikallavalurakentamiseen. Tavallisin tapa rakentaa teollisuushalleja on perinteinen modulaarinen pilari-palkkijärjestelmä. Kuvassa (Kuva 2) on esitetty Tekla Structures ohjelmistolla tehty tietomalli edellisen kuvan kartonkitehtaan tuotantohallista. (Tuominen 2012)





**Kuva 2 Tekla Structures tietomalli teollisuushallista. (Pöyry Finland Oy 2017)**

Muita teollisuusrakentamiselle tyypillisiä piirteitä ovat suunnitteluryhmän suuri koko ja se, että koko rakennuksen suunnittelu keskittyy palvelemaan prosessi- tai laitesuunnitelmaa. Kun suunnitteluryhmän koko on suuri, vastuurajojen selvittäminen ja koko suunnitteluprosessin koordinointi ja ohjaus ovat tärkeässä asemassa. Teollisuushankkeen suunnittelu jakautuu usean eri suunnittelijatiimin välille. Esimerkkinä edellä mainitusta voidaan esittää voimalaitos, jossa höyrykattilan laitetoimittaja teettää kattilalaitoksen rungon ja ulkokuoren suunnittelun omalla alihankkijallaan. Tuotantolaitoksen tai voimalaitoksen prosessisuunnittelija on hankkeessa avainasemassa. Prosessisuunnitelmilla on taipumus muuttua vielä hankkeen edettyä pitkälle ja näiden muutosten ohjaus ja koordinointi tuovat omat vivahteensa tuotantolaitoksen suunnitteluun. Tuotantolaitoksen koko periaateratkaisua voidaan joutua muuttamaan prosessisuunnitelmien muuttua. (Tuominen 2012)

## **2.2 Elementtirakentamisen historia Suomessa**

Elementtirakentamisen historia suomalaisessa rakentamisessa alkaa 1900-luvun puolenvälin ajoilta. Toisen maailmansodan jälkeisen huonon taloustilanteen vuoksi tarvittiin taloudellinen ja tehokas rakennustapa sodan tuhojen korjaamiseen ja uuden rakentamiseen. Ensimmäiset suomalaiset elementtipalkit valmistettiin Valtion Rautatiet Hyvinkään konepajan kattorakenteita varten vuonna 1946 (Kuva 3). Ensimmäiset tehdasvalmisteiset betonielementit valmistettiin 1952 ja ne olivat hiottuja valkobetonisia julkisivuelementtejä. Suomen yksi ensimmäisistä tunnetuimmista täyselementtirakennuksista on Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus. (Hytönen & Seppänen 2009)

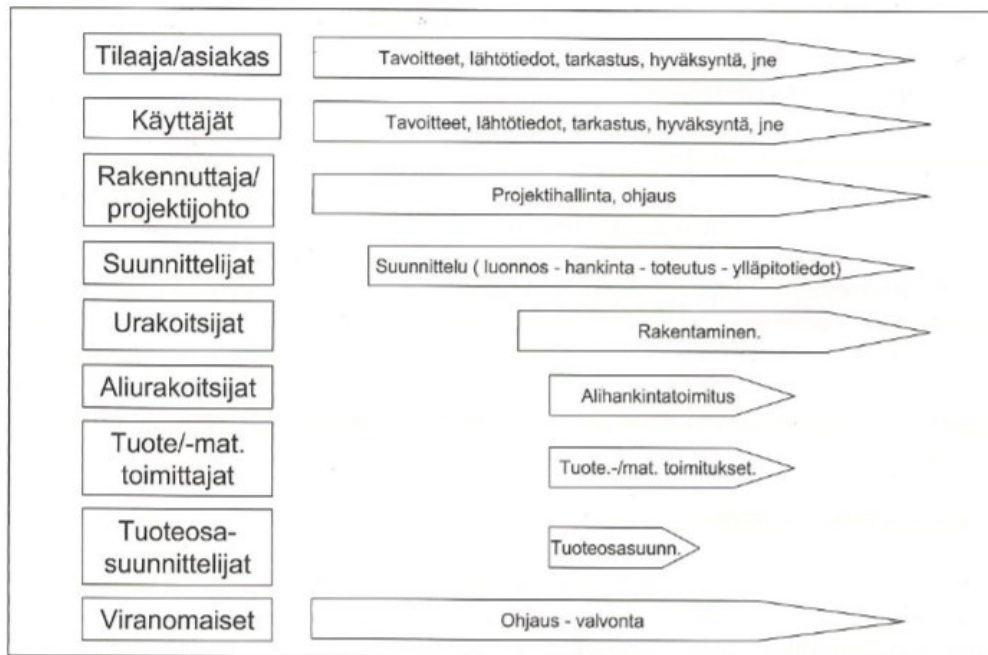


**Kuva 3 Elementtipalkit Valtion Rautateiden Hyvinkään konepajan kattorakenteissa. (Hytönen & Seppänen 2009)**

1950-luvulla alkoi yleistyä asuinrakentamisen puolella myös tehdas- ja hallirakennuksille ominaisempi pilareiden ja palkkien muodostama kantava runkorakenne. Tämä johti siihen, että julkisivuelementtejä alettiin käyttää myös asuinrakentamisessa. Lämpöeristyksellisiä elementtejä alettiin kutsua sandwich-elementeiksi ja ne saavuttivat suuren suosion elementtirakentamisen alalla. Nykyisin sandwich-elementit ovat yleisimmin käytetty betoninen julkisivutyyppe. Nykyisin ulkokuoren pintakäsittelynä on alkanut yleistyä graafiset pinnat tyypillisten laatta-, väribetoni- ja hiottujenpintojen rinnalla. Julkisivujen ulkonäköön ja estetiikkaan on alettu panostamaan ja arkkitehdit ovat saaneet betonielementtivalmistuksen kehittyessä parempia työkaluja ja mahdollisuuksia visioidensa toteuttamiseen. (Hytönen & Seppänen 2009, Suomen Betonitieto Oy 1998)

## 2.3 Projektin sidosryhmät

Suomen rakennusinsinöörien liiton (RIL) ohjeiden mukaan projektin osapuolet ovat yleensä tilaaja, projektipäällikkö, arkkitehti, eri suunnittelualojen johtajat, urakoitsija ja aliurakoitsijat. Jokaisella osapuolella on tarve katsella tietomallin informaatiota omalle alalleen ominaiselta suunnalta. Tästä johtuen jokainen projektin osapuolista vaativat erilaista käyttöympäristöä tiedon esittämiselle. Tämä on yksi haastavimmista ongelmista tiedon jakamisessa eri osapuolille tietomallinnetussa suunnittelussa. Kuvassa (Kuva 4) on esitetty Suomalaisen rakennushankkeen tärkeimmät osapuolet Suomen Rakennusinsinööri Liiton mukaan ja näiden osapuolten pääprosessit hankkeen toteutuksen kannalta. (Smith D & Tardif M 2009, RIL 228-1 2013)



Kuva 4 Rakennushankkeen tärkeimmät osapuolet ja pääprosessit. (RIL 229-1 2013)

## 2.4 Projektipäällikkö – työ, vastuu ja rooli

Projektihallinta on resurssien organisointia siten, että projekti voidaan päättää suunnitellun sisältöisenä ja laatuena, aikataulun sekä budjetin mukaisesti.

Pöyryllä projektipäällikkö on kokonaisvastuussa toimeksiannosta. Projektipäällikön tehtävä on johtaa projektitiimiä, jotta se suoriutuu tehtävistään vaadittavan laatutason ja toimeksiannon aikataulun, budjetin ja laajuuden mukaan. Jotta kaikki sopimusvelvoitteet asiakkaan suhteen täyttyvät, on projektipäälliköllä valtuudet tehdä kaikki tarvittavat päätökset ja toimenpiteet Pöyryn toimintaohjeiden rajoissa, joilla tähän päästään. (PM Guidelines 2015)

Projektipäällikön toimeksiannon kokonaisvastuun lisäksi projektipäälliköllä on seuraavat tärkeimmät tehtävät ja velvollisuudet, joita voidaan soveltaa toimeksiantokohtaisesti:

- Johtaa ja valvoo, että toimeksiannon toteutus suunnitellaan asianmukaisella tavalla
- Tekee ja kommunikoi projektinhallinnan suunnitelman
- Johtaa ja valvoo toimeksiantoa niin, että kaikkien osapuolten (esim. asiakas, kumppanit, tavarantoimittajat/urakoitsijat) velvoitteet toisiinsa nähden täyttyvät aikataulun ja budjetin mukaisesti vaaditulla laatutasolla
- Vastaa toimeksiannon taloudenpidosta. Tähän kuuluu esim. laskutus sopimuksen ja Pöyryn ohjeiden mukaisesti
- Varmistaa, että toimeksiannossa on käytettävissä riittävät, pätevät ja osaavat henkilöresurssit
- Varmistaa, että kaikki projektiryhmän jäsenet ymmärtävät oleelliset sopimukset ja toimivat niiden mukaisesti
- Hallinnoi toimeksiannon riskit ja mahdollisuudet Pöyryn riskienhallintapolitiikan ja ohjeiden mukaisesti
- Hallinnoi toimeksiannon muutokset ja korvausvaatimukset Pöyryn ohjeistuksen mukaisesti
- Luo ja ylläpitää hyvää viestintää sekä hyviä suhteita asiakkaan projektipäällikköön ja muihin sidosryhmiin
- Suunnittelee ja toteuttaa tilanneraportoinnin sisäisesti ja asiakkaalle sopimuksen mukaisesti
- Järjestää tarvittavat kokoukset asiakkaan ja muiden sidosryhmien kanssa ja laatii/julkaisee kokouspöytäkirjat
- Huolehtii, että viestintäsuunnitelma tehdään ja että sitä noudatetaan.

Rakennesuunnittelun ohjaus on olennainen osa projektin kehitystä ja läpivientiä. Suunnittelunohjauksella pyritään parantamaan projektin etenemisen sulavuutta ja onnistunut suunnittelun ohjaus auttaa varmistamaan suunnitelmien laadun ja että suunnitelmat toimitetaan sekä projektin tavoitteet täyttyvät ajallaan ja budjetin rajoissa. Suunnittelun ohjaus toteutetaan osana koko projektin ohjausta. Suunnittelun ohjauksesta vastaa projektipäällikkö, jos suunnittelun siihen ei ole erikseen nimetty henkilöä. (PM Guidelines 2015)

Projektipäällikön rooliin sisältyy yhteydenpito ja yhteistyö sekä toimeksiantoon liittyviin ulkoisiin sidosryhmiin, että Pöyryn projektiorganisaation ulkopuolisiin toimintoihin. Toimeksiannon ulkopuolisia sidosryhmiä ovat asiakas, kumppanit, tavarantoimittajat, aliurakoitsijat ja Pöyry-yhtiöt. Pöyryn projektiorganisaation ulkopuolisia toimintoja ovat hankinta, riskienhallinta, lakiosasto, talous ja henkilöstöhallinto. Projektipäällikön asema projektiorganisaatiossa on projektin johtaminen. Projektipäällikkö johtaa projektiryhmää, ohjaa työtä, arvioi projektiryhmän jäsenten suorituksia ja antaa palautetta. Projektinpäällikkö raportoi projektiorganisaatiossa Project Sponsorille, jonka tehtävä on valvoa projektipäällikön ja projektiryhmän suoritusta. (PM Guidelines 2015)

## **2.5 Pääsuunnittelijan tehtävät**

Teollisuuden tuotanto- ja voimalaitoksien rakennushanke eroaa muusta rakentamisesta sillä, että pääsuunnittelijana ei toimi aina arkkitehti. Usein arkkitehtuuri on näissä hankkeissa toissijaisessa asemassa, minkä takia on mielekästä siirtää pääsuunnittelijan rooli rakennesuunnittelijalle. Tästä huolimatta pääsuunnittelijan tehtävät teollisuushankkeissa eivät poikkea muusta rakentamisesta paljoa. Tuomisen mukaan teollisuushankkeiden kannalta oleellisia osia maankäyttö- ja rakennusasetuksen 50 §:n nojalla ovat 2) paloturvallisuus, 3) hygienia, terveys ja ympäristö, 4) käyttöturvallisuus ja 5) meluntorjunta. Tuotantolaitoksissa kuitenkin palokuormien laskeminen on yleensä tilaajan oman organisaation tai ulkopuolisen asiantuntijan vastuulla. Ympäristöselvityksen laatiminen ja ympäristöluvan hakeminen ovat yleensä tilaajan omien asiantuntijoiden vastuulla. Pääsuunnittelija vastaa rakennusteknisestä rakennuksen käyttöturvallisuudesta ja työturvallisuudesta. (Tuominen 2012)

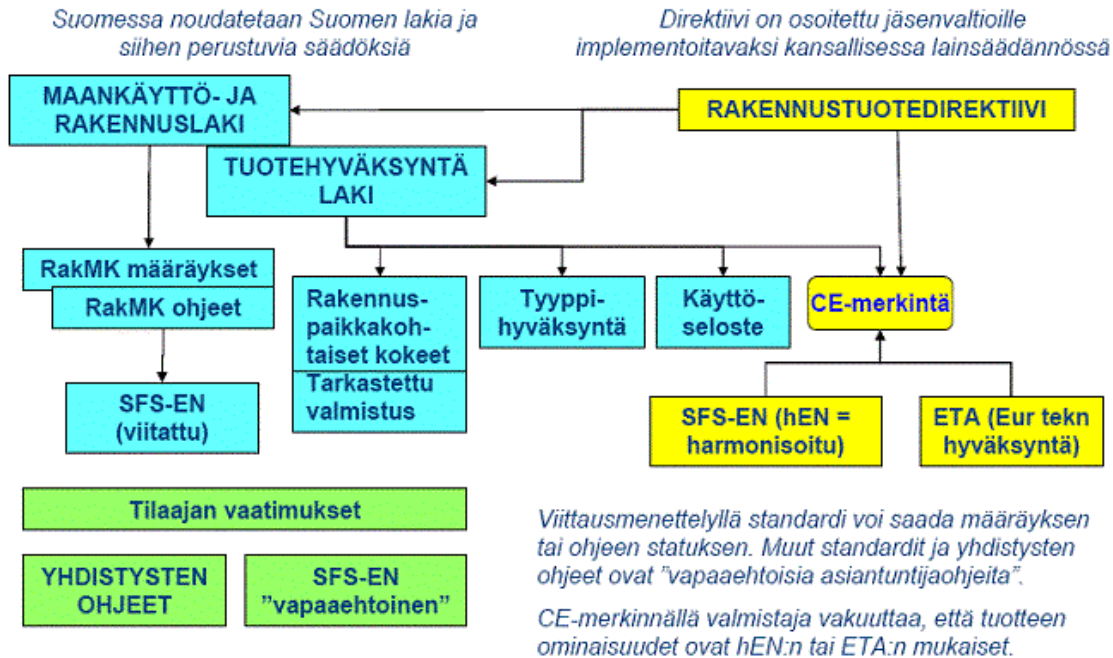
Suurimmat eroavaisuudet pääsuunnittelijan tehtävissä ovat suunnittelun valmistelu- ja käynnistysvaiheessa luonnossuunnitteluvaiheessa. Tässä tutkimuksessa ei käsitellä näitä suunnittelun vaiheita, kuten ei myöskään toteutussuunnittelun jälkeisiä rakentamisen vaiheita. Pääsuunnittelijan rooli toteutussuunnittelu- ja rakentamisen valmisteluvaiheessa ei teollisuusrakentamisessa juurikaan poikkea muusta rakentamisesta. Sekä teollisuusrakentamisessa, että muussakin rakentamisessa muutossuunnittelun ohjaus ja hallinta korostuvat, kun haittavaikutukset pyritään pitämään mahdollisimman pieninä aikataulu-, kustannus ja laatutavoitteiden näkökulmasta. Tämän tutkimuksen yksi painavimmista tutkimusongelmista onkin juuri muutostenhallinta. Muutoksia tehdessä on pidettävä huolta, että rakennus täyttää maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) 120 § vaatimukset vielä muutosten jälkeen. Tuomisen mukaan muutokset vielä tässäkin vaiheessa voivat olla niin laajamittaisia, ette ne vaikuttavat rakennuksen koko perusratkaisuun. Yksi oleellinen ero asuinrakentamiseen on se, että muutoksia on paljon. Muutosten suuri määrä vaikuttaa tiedonkulun hallintaan. Teollisuusrakentamisen suunnittelun ohjauksessa ja eri suunnittelutehtävien toisiinsa koordinoimisessa on otettava huomioon teollisuuden prosessilaitteiden asennusaikataulut. Rakentamisen toteutuksen ja toteutussuunnittelun aikataulut on rakennettava prosessilaitteiden asennusaikataulun ympärille. (Tuominen 2012)

Vuopalan (2015) tutkimuksen mukaan tietomallipohjaisessa suunnittelussa osa pääsuunnittelijan tehtävistä on päällekkäisiä tietomallikoordinaattorin tehtävien kanssa. Yleensä jako tapahtuu kuitenkin niin, että tietomallikoordinaattorin vastuulle jää tietomallin valvominen ja pääsuunnittelija ensisijaisesti valvoo suunnitelmien sisältöä ja pitää huolen, että laissa määrätyt tehtävät pääsuunnittelijalle täyttyvät.

## **2.6 Rakennesuunnittelun sisältö ja säädösperusteet**

Rakennuksen suunnittelu etenee vaiheittain ja suunnittelu tehdään tiiviinä yhteistyönä eri suunnitteluosapuolten välillä. Suunnittelun eri osapuolia ovat pääsuunnittelija, arkkitehti, rakennesuunnittelija ja erityissuunnittelijat (rakenne-, pohjarakenne- ja talotekniset suunnittelijat). Pääsuunnittelijan tehtäviin kuuluu yhteen sovittaa suunnittelua ja vastata tilaajalle ja viranomaisille kokonaisuuden toimimisesta. Pääsuunnittelijana toimii yleensä arkkitehti ja joissakin tapauksissa rakenne- tai talotekniikkasuunnittelija. (RIL 229-1 2013)

Rakennesuunnittelun päätehtävänä on tuottaa rakennesuunnitelmat ja muuta tarvittavaa tietoa, joilla voidaan toteuttaa, käyttää ja ylläpitää hankkeen rakennus tai rakenne. Rakennesuunnittelijan toimiessa rakenneteknisenä asiantuntijana, tulee hänellä olla myös tärkeä tehtävä hankkeen riskien hallinnassa ja laadunvarmistuksessa. Tämä rooli korostuu erityisesti vaativissa hankkeissa. (RIL 229-1 2013)



Kuva 5 Määräykset, standardit ja tuotehyväksyntä. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

Maankäyttö- ja rakennuslaki, ympäristöministeriön asetukset kantavista rakenteista, ympäristöministeriön asetusluonnos pääpiirustuksista, selvityksistä ja erityissuunnittelusta määrittelevät suunnittelun sisältöä. Rakennesuunnittelijan tehtäviä asettelevat muut lait ja asetukset voidaan jaotella kuvan (Kuva 5) mukaisesti. Näistä muista laeista ja asetuksista hyvinä esimerkkeinä voidaan pitää esimerkiksi työturvallisuusasetusta VNa 205/2009 ja väestösuoja-asetusta 506/2011, jotka asettavat rakennesuunnittelijalle tehtäviä ja vastuuta sekä määrittelevät asiakirjojen sisältöä. MRL määrittelee suunnittelun sisältö mm. seuraavista alueista: MRL 120 § Rakentamista koskevista suunnitelmista määrittelee, että rakentamista koskevia suunnitelmia ovat rakennussuunnitelma sekä erityissuunnitelmat. MRL 120 § mukaan rakentamista koskevat suunnitelmat on laadittava siten, että ne täyttävät rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 2 § määrittelee mm. toteutusasiakirjat, toteutuksen työsuunnitelman, rakennesuunnitelmien tarkastussuunnitelman ja toteutuksen laatusuunnitelman. (RIL 229-1 2013)

Muita pykälä Ympäristöministeriön asetuksessa kantavista rakenteista ovat 3 § Rakenteiden lujuus ja vakaus, 4 § Kantavien ja jäykistävien rakenteiden suunnittelu ja toteutus, 5 § Seuraamusten vakavuus, 6 § Rakennesuunnitelmat, 7 § Rakenteiden toteutusasiakirjat, 8 § Rakennesuunnitelmien tarkastussuunnitelma, 9 § Suunniteltu käyttöikä, 12 § Rakennustuotteet, 13 § Rakenteiden kelpoisuus. (RIL 229-1 2013)

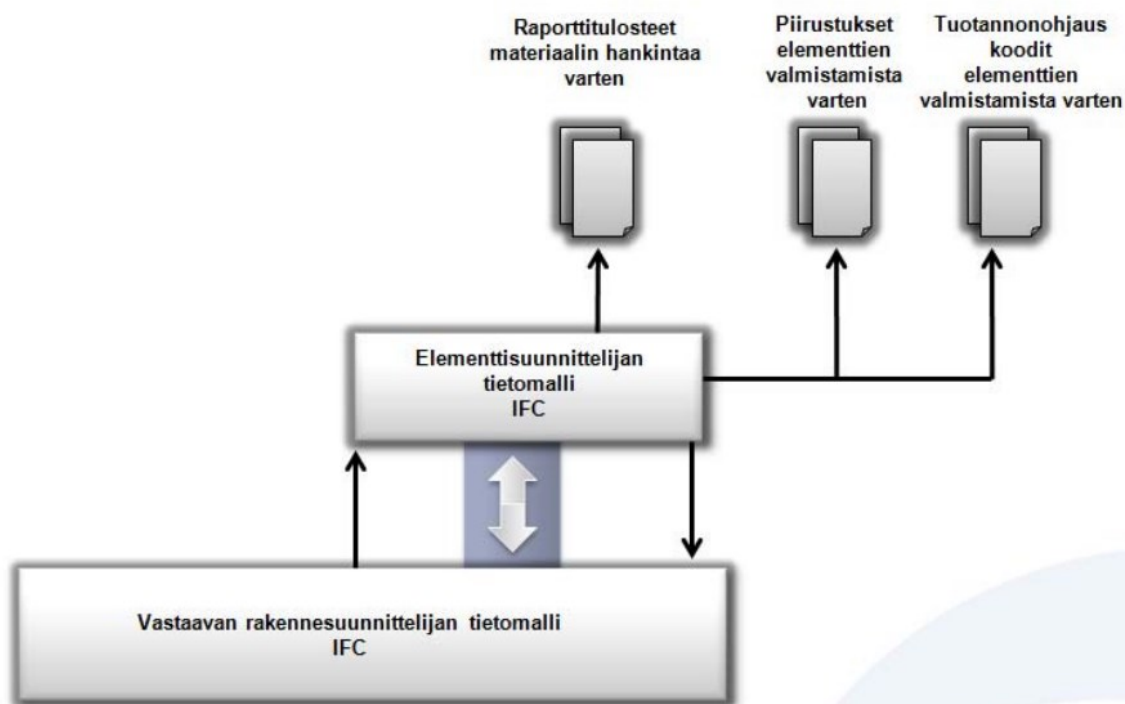


Ympäristöministeriön asetusluonnos pääpiirustuksista, selvityksistä ja erityissuunnitelmista luvussa 3 ”Rakennusvalvontaviranomaisille toimitettavat erityissuunnitelmat ja selvitykset” pykälässä 11 määrittää rakennesuunnitelman sisältö seuraavasti: ”Rakennesuunnitelmaan kuuluvilla rakennepiirustuksilla ja rakennelaskelmilla on osoitettava kantavien rakenteiden lujuus ja vakaus sekä mitat työn suoritusta varten. Rakennepiirustuksesta on selvittävä rakenteiden lämmön, kosteuden, veden ja vedenpaineen sekä äänen ja värinän eristyksen ratkaisut.” (Ympäristöministeriö 2016)

Betonistandardeja on yhteensä noin 300 ja ne voidaan pääsääntöisesti jakaa suunnittelu-standardeihin, tuotestandardeihin, testausstandardeihin ja toteutusstandardeihin. Betoni-valmisosarakentamista koskeva yksityiskohtainen teknillinen säännöstö sisältyy nykyisin pääosin juuri näihin standardeihin, joita täydentämään yhdistykset julkaisevat käytännön ohjeita. Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) sisältää velvoittavina ohjeina pidettäviä määräyksiä. RakMK koskee luvanvaraista rakentamista eli pääsääntöisesti talonrakentamista. Ohjeita on täydennetty sillanrakentamista koskevilla määräyksillä. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

## **2.7 Rakennesuunnittelun päävaiheet ja eteneminen**

Rakennesuunnittelu voidaan jakaa eri osapuolille. MRL 12 § asettaa, että jos kohteen rakennesuunnittelu jaetaan useammalle rakennesuunnittelijalle, tulee erikseen nimetä vastaava rakennesuunnittelija. Vastaavan rakennesuunnittelijan vastuulla on huolehtia siitä, että erillistehtävinä laaditut rakenteiden, rakennusosien tai järjestelmien suunnitelmat muodostavat keskenään toimivan rakenteellisen kokonaisuuden. Suomen Rakennusinsinööri Liiton ohjeen RIL 229-1 mukaan rakennesuunnittelutehtävät voivat olla pilkottu esimerkiksi siten, että tuoteosahankinnoissa tai erillisurakoissa toimittajalla/urakoitsijalla on oma rakennesuunnittelijansa. Betoni-, teräs- ja puuelementti osille suunnitelmat laatii yleensä erillinen suunnittelija. Ohje käyttää nimityksiä vastaava rakennesuunnittelija, tuoteosasuunnittelija ja valmisosasuunnittelija. Vastaava rakennesuunnittelija eli päärakennesuunnittelija toimii asetuksen määräämässä laajuudessa ja tavalla määräysten mukaisena erityissuunnittelijana vastaten rakennesuunnittelun kokonaisuudesta. Tuoteosasuunnittelija toimii tuoteosakokonaisuuden vastaavana rakennesuunnittelijana. Valmisosasuunnittelijan vastuulla on yksittäisten elementtien rakenteellisten suunnitelmien laatiminen. Näissä suunnitelmissa on otettava huomioon tuotannon tarpeet ja kyseisen valmisosan valmistuksen, käsittelyn ja asentamisen sekä lopputilanteen rasitukset ja tuennat. Jos kohde on vaativa, ulkopuolinen rakenteiden tarkastaja voi tarkastaa rakennesuunnitelmat rakenteellisen turvallisuuden erityismenettelyn mukaisesti. Elementtisuunnittelijan ja vastaavan rakennesuunnittelijan välistä yhteistyötä tietomallinnetussa suunnitteluprosessissa on kuvattu kuvassa (Kuva 6). (RIL 229-1 2013, Eklund 2012)



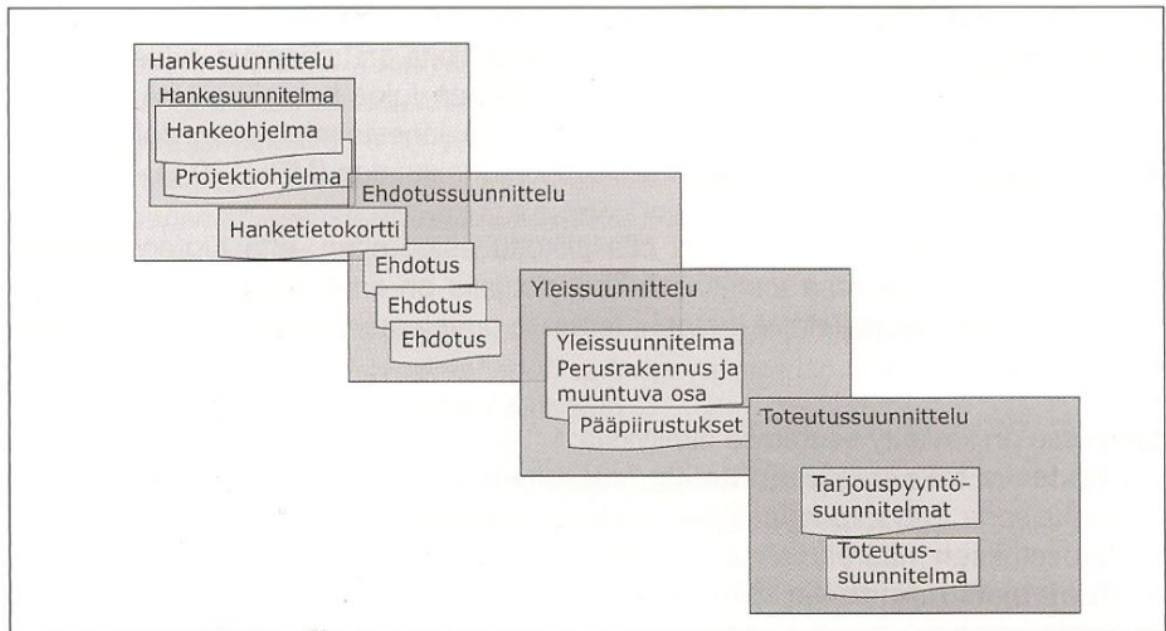
**Kuva 6 Vastaavan rakennesuunnittelijan ja elementtisuunnittelijan välinen yhteistyö. (Eklund 2011)**

Viranomaismääräyksen MRL 120 c § määrittelee erityissuunnittelun, kuten rakennesuunnittelun, tehtäviä ja tehtävien jaon eri osapuolille seuraavasti:

”Tarvittavan erityissuunnitelman laatii erityissuunnittelija. Erityissuunnittelijan on huolehdittava, että hänellä on käytössään suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot, ja erityissuunnitelma täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. Lisäksi hänen on tehtävä erityissuunnitelmaan rakennustyön- aikaiset muutokset sekä laadittava 11 i §:n mukainen rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje oman erityisalan osalta. Jos erityissuunnitelman on laatinut useampi erityissuunnittelija, rakennushankkeeseen ryhtyvän on nimettävä heistä yksi erityisalan kokonaisuudesta vastaavaksi erityissuunnittelijaksi. Vastaavan erityissuunnittelijan on huolehdittava, että erillistehtävinä laaditut suunnitelman osat muodostavat keskenään toimivan kokonaisuuden.” (RIL 229-1 2013)

Rakennesuunnittelun etenee muiden suunnitteluosapuolten kanssa vuorovaikutuksessa vaihteittain. Suunnittelijan näkökulmasta suunnittelun päätehtävät voidaan jakaa toteutusmuodoista riippumatta hankesuunnitteluun, ehdotussuunnitteluun, yleissuunnitteluun, hankinta-/tarjouspyyntösuunnitteluun ja toteutussuunnitteluun. Suunnittelijan on huolehdittava suunnitelmien ratkaisujen oikeellisuudesta niiden kestävyys, toiminnallisuuden ja toteutettavuuden suhteen. Suunnittelun päävaiheet ja niihin sisältyvät suunnitelmat on esitetty kuvassa (Kuva 7). (RIL 229-1 2013, Rakennesuunnittelun tehtäväluetelo RAK 12 2012)





**Kuva 7 Yleisesti käsitetyt suunnittelun päävaiheet. (RIL 229-1 2013, s. 18)**

Hankesuunnittelu on hankkeen valmisteluvaihetta, jossa tilaaja asettaa hankkeen läpiviennille ja suunnittelulle tavoitteet. Suunnittelun tehtäväluettelot laaditaan ja niissä esitetään asiantuntijatehtäviä, joissa suunnittelija voi tarvittaessa avustaa tilaajaa hankkeen valmistelussa. Investointipäätös tehdään hankesuunnittelun tuloksena syntyvän hankesuunnitelman avulla. Investointipäätöksen jälkeen alkaa ehdotussuunnittelun vaihe. Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat laativat useita vaihtoehtoja tavoitteiden saavuttamiseksi, joista yksi valitaan ehdotussuunnitelmaksi. Yleissuunnitteluvaiheessa valitusta ratkaisuehdotuksesta kehitetään toteutuskelpoinen suunnitelma. Yleissuunnittelun tuloksena syntyy yleissuunnitelma pääpiirustuksineen. Yleissuunnitelmaan voi sisältyä useita erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuiksi. (RIL 229-1 2013, Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK 12 2012)

Hankinta-/tarjouspyyntösuunnitelmassa täydennetään ja tarkennetaan yleissuunnitelmat ja pääpiirustukset rakennushankkeen eri hankintoja ja urakoita varten. Toteutussuunnittelussa kehitetään yleissuunnitelmaa ja laaditaan tuotantosuunnitelmat hankkeen lopulliselle toteutukselle ja tehdasvalmistuksille. Toteutussuunnitelman hyväksymisen jälkeen alkaa rakentamisen valmistelu. Suunnittelun jälkeiset vaiheet ovat rakentaminen, käyttöönotto ja takuu aika. Toteutussuunnitteluun luetaan myös rakennusaikaiset tarkennukset. (RIL 229-1 2013, Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK 12 2012)

## **2.8 Hankintoja palvelevat suunnitelmat ja toteutussuunnittelu**

Rakennesuunnitelman eteneminen voidaan hankkeen toteutusmuodosta riippumatta jakaa kolmeen päävaiheeseen. Lopulliset toteutussuunnitelmat ovat hankintavaiheen suunnitelmista veistelyjä suunnitelmia, joiden perusteella rakennustekniset työt ja tuotteiden valmistus toteutetaan. Näihin suunnitelmiin on lisätty myös toteutustavan tms. edellyttämät muutokset, viittaukset ja muut tarvittavat täydennykset kuten esimerkiksi toteutuneet paalutiedot. Päärakennesuunnittelijan laatimat suunnitelmat ja tuoteosasuunnittelijan laatimat tuoteosasuunnitelmat kuuluvat toteutussuunnitelman piiriin ja tuoteosasuunnitelmat on laadittu kohteen toteutustavasta riippuen päärakennesuunnittelijan hankintavaiheen suunnitelmien tai hänen toteutussuunnitelmiansa perusteella. (RIL 229-1 2013)

”Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäsuunnittelu.” (Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12)

Toteutussuunnitteluvaiheen tuloksina syntyvät hankintoja palvelevat suunnitelmat sekä toteutusta palvelevat suunnitelmat. Hankintoja palvelevasta suunnittelukokonaisuudesta voidaan määrittää toteutuskustannusten edellyttämällä tavalla kohteen ja rakennusosien laajuus, määrät, työtavat ja laatutaso. Näitä suunnitelmia kehitetään ja täydennetään rakentamisen ja toteutuksen edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnittelussa laaditaan lisäksi rakentamisen ja toteutuksen edellyttämät detaljisuunnitelmat. (Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12 2012)

Toteutussuunnittelu jakautuu RAK 12:n mukaisesti seuraaviin osiin:

- G 4.1 – G 4.6 Vaiheen aloittamiseen liittyviä tehtäviä
- G 4.7 Aluesuunnittelu
  - Tämän vaiheen tehtävät ovat aina erikseen tilattavia tehtäviä
- G 4.8 Purku, väliaikaiset rakenteet ja –järjestelyt
  - Tämän vaiheen tehtävät ovat aina erikseen tilattavia tehtäviä
- G 4.10.1 Perustusten ja alapohjan rakenteiden hankinta asiakirjojen laatiminen
- G 4.10.2 Perustusten ja alapohjarakenteiden toteutussuunnitelmien laatiminen
- G 4.11.1 Runkorakenteiden hankinta-asiakirjat
- G 4.11.2 Runkorakenteiden toteutussuunnitelmien laatiminen
- G 4.12.1 Hankintavaiheen varaussuunnittelu
- G 4.12.2 Varaussuunnittelun toteutusasiakirjojen laatiminen
- G 4.13.1 Julkisivurakenteiden hankinta-asiakirjojen laatiminen
- G 4.13.2 Julkisivu- ja ulkotasarakenteiden toteutussuunnitelmien laatiminen
- G 4.14.1 Vesikattorakenteiden hankinta-asiakirjojen laatiminen
  - Vesikattorakenteiden suunnittelu (sisältäen vesikatot, lasikatot, terassit ja pihakannet)
- G 4.14.2 Vesikattorakenteiden toteutussuunnitelmien laatiminen (sisältäen vesikatot, lasikatot, terassit ja pihakannet)
- G 4.15 Talo-osien suunnittelun yhteiset erillistehtävät
  - Tämän vaiheen tehtävät ovat aina erikseen tilattavia tehtäviä
- G 4.16.1 Perusrakennuksen tilaosien (ns. täydentävien rakenteiden) hankinta-asiakirjojen laatiminen
- G 4.16.2 Kiinteiden tilaosien (ns. täydentävien rakenteiden) toteutussuunnitelmien laatiminen
- G 4.17.1 Turvasuunnittelu, Hankinta-asiakirjojen laatiminen
- G 4.17.2 Turvasuunnittelu, Toteutussuunnitelmien laatiminen
- G 4.18.1 Hankinta-asiakirjoihin liittyvien rakennelaskelmien laatiminen
- G 4.18.2 Toteutusvaiheen suunnitelmiin liittyvien rakennelaskelmien laatiminen
- G 4.19 Tuoteosa- ja järjestelmäosasuunnittelun vaatimusten määrittely
- G 4.20 Tuoteosasuunnitelmien yhteensovittaminen ja tavoitteidenmukaisuuden varmistaminen, tuoteosamalli
- G 4.21 Erityissuunnittelu
  - Tämän vaiheen tehtävät ovat aina erikseen tilattavia tehtäviä
- G 4.22 Toteutussuunnitelman selostus (rakennusselostus, urakkarajaliite)
- G 4.23 Toteutussuunnitelman kokoaminen ja dokumentointi
- G 5 Sopimuksenmukaisuuden toteaminen

## **2.9 Tietomallinnetun suunnittelun ohjaus toteutussuunnittelussa**

Tietomalliin mallinnettujen tietojen avulla voidaan suunnitella, analysoida ja hallita rakennuksen rakentamisen, käytön ja ylläpidon kustannuksia. Tietomalli helpottaa myös rakennuksen rakennettavuuden tarkastelussa. Tietomallinnettua suunnittelua tehtäessä on hankkeen johdon sitouduttava projektiin tavanomaista suunnittelua paremmin heti hankkeen alusta alkaen. Hankkeen koko läpivienti sisältäen organisoinnin, vaiheistuksen, aikataulutuksen ja koordinoinnin eroavat tavanomaisesta ja hankkeen kaikkien osapuolten tietotekninen osaaminen korostuu. Johtamisen prosessi jakautuu yleisesti kolmeen toisistaan poikkeavaan osaprosessiin. Nämä osaprosessit ovat suunnittelu, toimeenpano ja valvonta. Onnistuneen tietomallihankkeen johtamisen ja koordinoinnin edellytyksenä on, että projektin tietomallintamistehtävät ja tietomallintamisen menettelevät suunnitellaan ennakolta. Suunnittelutehtävät toimeenpannaan ja tehtävien suoritusta seurataan ja valvotaan jatkuvasti sen edetessä koko hankkeen läpi. Tietomallinnus projektissa kaikkien sopimussuhteessa olevien osapuolien tulee tietää, mitkä hankkeen tietomallinnustehtävät ovat heidän vastuullaan. Hankkeen edellisvaiheen tulos toimii lähtötietona seuraavalle hankkeelle ja epäjatkuvuudet on pyrittävä minimoimaan. Näitä epäjatkuvuuskohtia ovat esimerkiksi tiedonsiirron yhteensopivuusongelmat hankkeen osapuolten käyttämien eri ohjelmien välillä. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012)

Suunnittelun ohjauksen sisältöön kuuluvat hankkeen suunnittelutavoitteiden tarkastaminen, tavoitteiden vertaaminen vaatimusmalleihin sekä suunnitelmien tavoitteiden mukaisuuden valvonta ehdotus-, yleissuunnittelu- ja toteutussuunnitteluvaiheissa. Suunnitteluvaiheessa tietomallin käytöllä voidaan saavuttaa huomattavia etuja, kun merkittäviä ristiriitaisuuksia saadaan poistettua suunnitelmista ennen suunnitelmien toteutusta. Seuraavaksi käydään läpi Yleisten tietomallivaatimuksien mukaiset tietomallinnuksen suunnittelun ohjauksen ja valvonnan tehtävät toteutussuunnittelussa. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012)

Toteutussuunnittelu kehittää yleissuunnitelmat mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Näihin suunnitelmiin sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu suunnittelusopimuksissa sovitussa laajuudessa.

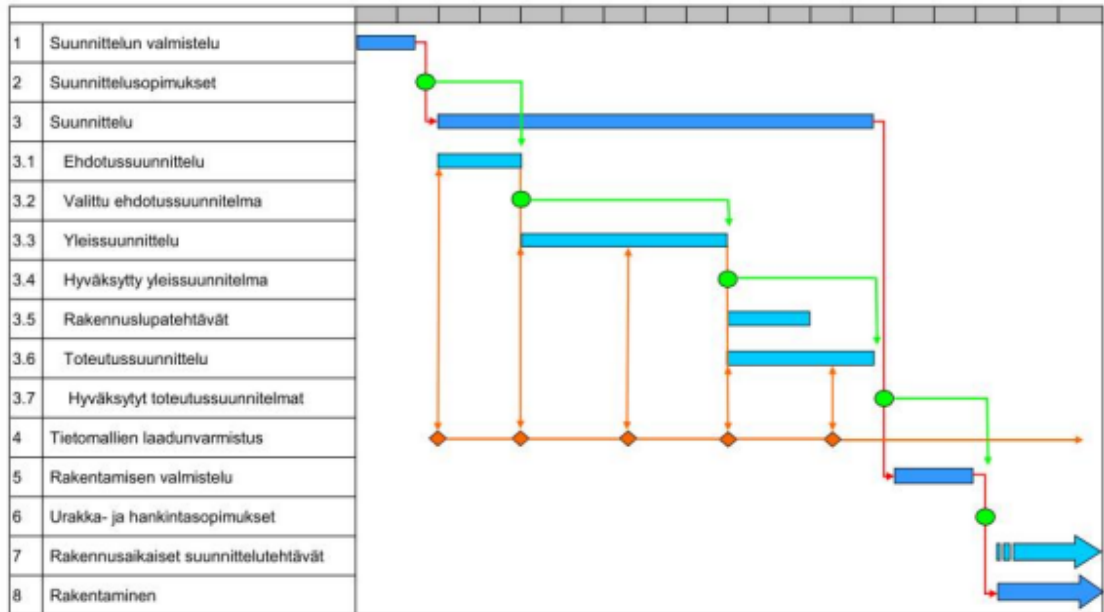
Toteutussuunnittelun tuotoksina saadaan:

- Suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen ja visualisoinnit,
- rakennusosamallit, rakennemallit ja järjestelmämallit,
- tonttimallit laskentaan ja toteutusta varten,
- tietomalliselostukset,
- mittapiirustukset,
- raportit laadunvarmistuksesta, törmäystarkasteluista sekä suunnitelmien yhteensovittamisesta,
- reikävaraukset toteutusta varten,
- rakennusosapohjaiset määräluettelot,
- tietomallipohjaiset määräluettelot,
- toiminnalliset analyysit,
- animaatiot,
- virtuaaliympäristöt,
- 4D-aikataulutus,
- järjestelmämallit laskentaa varten,
- tarkennettu kustannusarvio,
- energia-analyysit (toteutusvaiheen tarkennukset),
- elinkaarikustannusanalyysit (LCC),
- energia- ja ympäristövaikutusanalyysit (LCA),
- valaistusvisualisoinnit ja -laskelmat,
- virtaussimuloinnit (CFD),
- talotekniset järjestelmäanalyysit,
- talotekniikan äänilaskelmat,
- tavoitevertailut,
- päivitetty vaatimusmallit sekä
- päivitetty riskianalyysit.

Lopputuloksena toteutussuunnittelulle saadaan hyväksytyt toteutussuunnitelmat ja rakennusosamallit toteutusta varten. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012)

## **2.10 Toteutusvaiheen aikataulutus ja ohjaus**

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa aikataulutus poikkeaa tavallisista suunnittelurytmityksistä ja rakennusteollisuudella ei ole vakiintunutta mitoituskäytäntöä tietomallisuunnittelun aikataulutukselle. Yleissuunnitteluun tarvittava työmäärä ja aika kasvavat, mutta toisaalta yleissuunnittelun tuloksena saatavat mallit sisältävät jo valtaosan tiedosta, jota tullaan tarvitsemaan toteutussuunnittelussa. Tämän ansioista toteutussuunnitteluun vaadittava aika yleensä lyhenee. Suunnitteluvaiheissa tehtävät mallien yhteensovittamisen ja laadunvarmistuksen vaatimat ajanjaksot rytmittävät suunnittelun etenemistä ja vaikuttavat siten suunnitteluajataulun laadintaan. Tilaajan päätöksentekopisteet, tietomallien sisällön riittävyys ja toimituksen oikea-aikaisuus päätöksentekopisteitä varten on tärkeä rytmittäjä suunnitteluajataulua luotaessa. Kuvassa (Kuva 8) on esitetty esimerkki tietomallisuunnittelun aikataulusta, jossa rytmittävinä tekijöinä ovat tilaajan päätökset sekä suunnittelun edetessä tehtävät tietomallien yhteensovittukset ja tekniset laadunvarmistukset. (buildingSMART 2012)



Kuva 8 Esimerkki tietomallisuunnittelun aikataulusta ja sen rytmityksestä. (buildingSMART 2012)

Elementtirakentamisen suunnittelun vaatima kokonaisaika on pidempi kuin paikallavalurakenteiden suunnittelun, johtuen elementtien liitosten detaljien ja varustelujen suunnittelusta. Toisaalta suunnittelussa menetetty aika voitetaan takaisin työmaalla tehdyn työn kestossa. Elementtisuunnittelussa pidetään kiireellisimpinä tietoina elementtien toimitusaikataulua, suunnitelma-aikataulua, työmaasuunnitelmaa, rakennusten/lohkojen toteutusjärjestystä ja maksimielementtipainoja, kaideratkaisuja sekä mahdollisia työn aikaisia kulkuaukkoja. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

Tarjouspyyntövaiheessa esitettävissä suunnitteluasiakirjoissa tulee olla vähintään:

- Julkisivut ja niiden pintatiedot,
- julkisivu- ja runkokaaviot,
- rungon jäykistysperiaatteet,
- oleelliset leikkaukset,
- riittävä määrä tyyppielementtipiirustuksia kuvaamaan koko kohdetta,
- mahdolliset erikoisteräsovat ja
- alustavat reikä- ja varausmäärät

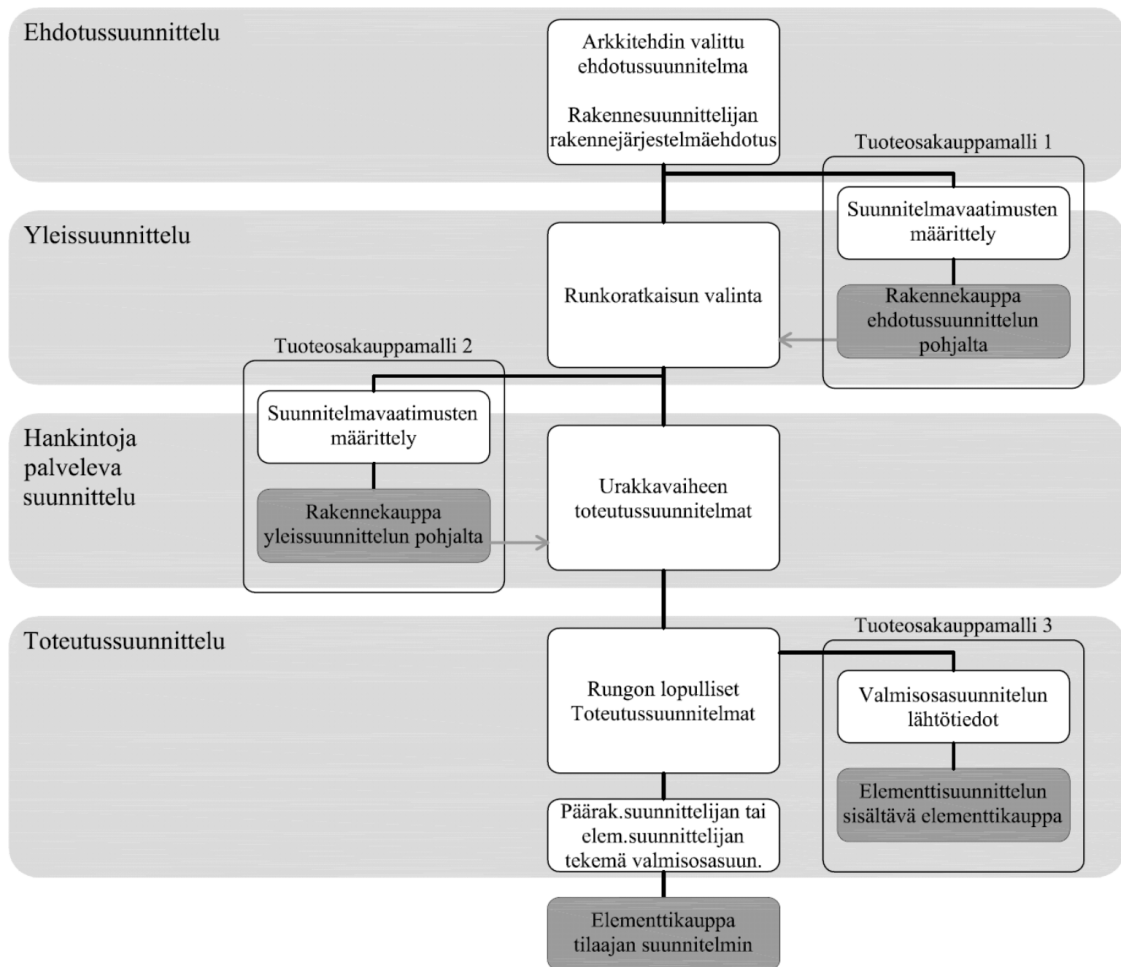
Tarjouspyyntövaiheen lähtötietoina ovat mm. arkkitehtisuunnitelmat, kuormitustiedot, tyypillisimmät rakenneratkaisut ja perusdetaljit. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

Elementtisuunnittelun vaatima aika tulee sovittaa yleisaikatauluun. Lisäksi elementtien tuotantopiirustuksien sekä luetteloiden valmistumiselle laaditaan aikataulu päivämäärien tarkkuudella, jolloin piirustukset tulee olla lähetettynä valmistavalle tehtaalle. Suurissa hankkeissa piirustuksien lähettäminen pienemmissä lohkoittain tai jaksottain jaetuissa toimituserissä on suositeltavaa. Ennen elementtisuunnittelun aikataulun tekemistä on sovittava lähtötietojen toimituspäivämäärät sekä LVIS-, reikä- ja varauskierroksen aikataulu. Jos suunnittelija ei saa sovittuja lähtötietoja ajallaan, on hänen ilmoitettava siitä välittömästi suunnittelun tilaajalle ja elementtivalmistajalle. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

Suunnitelmien toimittamiseen ohjeistettu aikataulu on seinäelementeille 6 viikkoa, ontelolaatoille 4-6 viikkoa ja runkoelementeille 6 viikkoa ennen kyseisen elementtiterän toimitusta. Mikäli tarjouspyyntövaiheen suunnitelmiin tulee muutoksia suunnittelun aikana, on suunnittelijan informoitava elementtitehdasta sekä elementtisuunnittelun tilaajaa ennen muutosten tekemistä. Asennusjärjestyksen muuttuessa suunnittelijan on tarvittaessa sovittava elementtitoimittajan kanssa elementtien uuden suunnittelun välitavoitteet sekä informoitava asiasta tilaajaa. Asennusaikataulun ja -suunnitelman muutoksista pääaja asennusurakoitsija, suunnittelija ja valmistava tehdas sopivat keskenään. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

Tilaajan tai rakennuttajan laatima valmisosatoimituksen tarjouspyyntö aloittaa valmisosien hankinnan. Tarjouksen perusteella solmitun toimitussopimuksen jälkeen pidetään valmisosasuunnittelun aloituskatselmus. Valmisosien tarjouspyyntö on ohjeistettu tehtäväksi 16 viikkoa ennen asennusta, toimitussopimus 13 viikkoa ennen asennusta ja valmisosasuunnittelun aloituskatselmus on ohjeistettu pidettäväksi 12 viikkoa ennen asennusta. Elementtisuunnitteluun liittyvät aikataulut ovat viranomaishyväksynnän aikataulu, työmaan asennusaikataulut ja elementtien valmistusaikataulu. Suunniteltavat aikataulut ovat elementtisuunnittelun aikataulu ja jännepunossuunnittelun aikataulu. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

Tuoteosakaupparamallien tarkoituksena on nopeuttaa rakennuksen rungon suunnittelun ja rakentamisen aloittamista. Tuoteosakaupparamallissa elementtisuunnittelu etenee samanaikaisesti arkkitehdin ja vastaavan rakennesuunnittelijan toteutussuunnittelun kanssa. Tuoteosakaupparamalleissa rakentamisen aloittamista voidaan aikaistaa laatimalla perustus- ja väestönsuoja suunnitelmat valmiiksi jo hankintoja palvelevan suunnittelun aikana. Kuvassa (Kuva 9) on esitetty elementtisuunnittelun eteneminen ja miten tuoteosakaupparamallit sijoittuvat suunnitteluun nähden. Tämän tutkimuksen kannalta olennainen tuoteosakaupparamalli on tuoteosakaupparamalli 1, johon perehdytään kappaleessa 2.11. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)



Kuva 9 Elementtikaupparamallien jaottelu hankinta-ajankohdan perusteella. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)

## 2.11 Tuoteosakauppa malli 1

Tuoteosakaupparamallit toimivat aikataulutuksen tukena. Elementtisuunnittelun tuoteosakaupparamalleista suurien teollisuudenkohteiden toteutukseen soveltuu parhaiten tuoteosakauppa malli 1, jonka pohjana toimivat ehdotussuunnitelmat. Tämä malli soveltuu parhaiten tiloihin, joissa suuri osa hankkeen kustannuksista muodostuu rakennuksen rungosta. Esimerkkejä tämän tyyppisistä hankkeista ovat teollisuushallit. Yleisesti ehdotussuunnittelun pohjalta tehtävä rakennekauppa soveltuu rakennuksille, joiden runko toteutetaan pääosin pilari palkki järjestelmällä. Rungosta pystytään tekemään edullisempi optimoimalla kantavien rakenteiden sijainnit, dimensiot ja laattajaot. Jännebetonirakenteiden hyödyntäminen normaalien betonirakenteiden sijasta lisää kustannussäästöjä. Tässä mallissa rakennuttaja ostaa rakennuksen koko rungon ja sen suunnittelun tai vastaavan rakennekokonaisuuden yhdessä. Tuoteosakaupparamallissa 1 tarjoussuunnittelu perustuu arkkitehdin tilaohjelmaan, valitun vaihtoehdon tilamalliin ja rakenteiden pääsuunnittelijan rakennejärjestelmäehdotukseen. (Elementtisuunnittelu.fi 2017, Harmanen 2010)



Tuoteosakaupparamallin 1 työnjako päärakennesuunnittelijan ja tuoteosatoimittajan/elementtisuunnittelijan välillä on esitetty taulukossa (Taulukko 1). Tavanomaisen suunnittelun tehtävän jako on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 2). Tavanomaisessa suunnittelussa pääsuunnittelija vastaa suurimmasta osasta rakenteiden suunnittelua, kun taas tuoteosakaupparamallissa pääsuunnittelijan tehtäviä on siirretty tuoteosatoimittajalle ja pääsuunnittelijalle on toimintamallin mukana tullut uusia tehtäviä. Tavanomaisen suunnitteluprosessin toimijalta toiselle siirtyneet tehtävät on *kursivoitu* ja toimintamallin mukana tuomat uudet ominaisuudet on **lihavoitu** taulukossa.

**Taulukko 1 Päärakennesuunnittelijan ja tuoteosatoimittajan välinen työnjako (Elementtisuunnittelu.fi 2017)**

Päärakennesuunnittelija	Tuoteosatoimittaja/elementtisuunnittelija
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käytettävä mitoitusnormisto</li> <li>• Kuormitustiedot ja vaatimukset</li> <li>• Reikätiöiden antaminen ja reikien sijoittelun koordinointi</li> <li>• Paikallavalurakenteet</li> <li>• <b>Stabiliateettilaskelmien tarkastus</b></li> <li>• <b>Koordinoi ja yhteen sovittaa tuoteosatoimittajien työtä</b></li> <li>• Riittävä elementtien rakenteellinen tarkastus</li> <li>• <b>Rakenteiden rakennefysikaalisen toiminnan varmistaminen</b></li> <li>• Viranomaishyväksynät</li> <li>• Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä</li> <li>• Suunnitteluratkaisujen työturvallisuudesta huolehtiminen</li> <li>• <b>Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeiden yhteensovittaminen</b></li> <li>• Rakenteellisen turvallisuuden riskien arviointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lähtötietojen yhteensopivuuden varmistaminen</li> <li>• <i>Kokonaisstabiliateettilaskelmat ja jäykistysvoimia välittävät liitokset</i></li> <li>• <i>Rungon työnaikainen kokonaisvakavuus</i></li> <li>• <i>Rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta tuoteosatoimituksen osalta</i></li> <li>• Elementtien lujuuslaskelmat (murto- ja käyttörajatila, onnettomuusrajatila, palotila)</li> <li>• Kaikki elementtien valmistus suunnitelmat</li> <li>• Elementtien liitos- ja asennusdetallit</li> <li>• Yksittäisten elementtien asennusaikea vakavuus ja tuentasuunnitelmat</li> <li>• Turvalaitteiden vaatimat tartunnat</li> <li>• Elementtikaaviot</li> <li>• Elementti- ja valutarvikeluettelot</li> <li>• Elementtien vaatimat tartuntasuunnitelmat</li> <li>• Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä</li> <li>• <i>Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje tuoteosatoimituksen osalta</i></li> </ul>

**Taulukko 2 Päärakenne- ja elementtisuunnittelun välinen tavanomainen työnjako elementtisuunnittelussa. (Elementtisuunnittelu.fi 2017)**

Päärakennesuunnittelija	Elementtisuunnittelija
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käytettävä mitoitusnormisto</li> <li>• Kokonaisstabiliteetilaskelmat ja jäykistysvoimia välittävät liitokset.</li> <li>• Rungon työnaikainen kokonaisvakavuus</li> <li>• Kuormitustiedot ja vaatimukset</li> <li>• Reikäti tietojen antaminen ja reikien sijoittelun koordinointi</li> <li>• Paikallavalurakenteet</li> <li>• Tyyppielementit</li> <li>• Rakennusfysikaalinen suunnittelu</li> <li>• Tyyppiliitokset</li> <li>• Koordinoi ja yhteen sovittaa eri valmisosasuunnittelijoiden työtä</li> <li>• Riittävä elementtien rakenteellinen tarkastus</li> <li>• Viranomaishyväksyntä</li> <li>• Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä</li> <li>• Suunnitteluratkaisujen työturvallisuudesta huolehtiminen</li> <li>• Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje rakenteiden osalta</li> <li>• Rakenteellisen turvallisuuden riskien arviointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lähtötietojen yhteensopivuuden varmistaminen</li> <li>• Elementtien lujuuslaskelmat (murto- ja käyttörajatila, onnettomuusrajatila, palotila)</li> <li>• Jäykistysvoimia välittämättömät liitokset.</li> <li>• Kaikki elementtien valmistussuunnitelmat</li> <li>• Elementtien liitos- ja asennusdetaljit</li> <li>• Yksittäisten elementtien asennusaikainen vakavuus ja tuentasuunnitelmat</li> <li>• Turvalaitteiden vaatimat tartunnat</li> <li>• Elementtikaaviot</li> <li>• Elementti- ja valutarvikeluettelot</li> <li>• Elementtien vaatimat tartuntasuunnitelmat</li> <li>• Asennussuunnitelman tarkastus ja hyväksyntä tarvittaessa</li> </ul>

## 3 Tietomallipohjainen suunnittelu

### 3.1 Tietomallinnettu suunnittelu

#### 3.1.1 Yleistä

Rakennesuunnittelun tehtäväkenttä on muuttunut tietomallisuunnittelun yleistessä. Karnerin (2008) mukaan tutkimukset osoittavat, että tietomallinnus lisää betonielementtisuunnittelun laatua ja dokumenttien luomista verrattuna perinteiseen CAD-suunnitteluun. Rakentamiseen tarvittavien asiakirjojen tuottamisesta on siirrytty rakennuksen elinkaaren ajalla tarvittavan tiedon tuottamiseen. Rakennusalan yhdessä laatima ”Tietomallivaatimukset 2012” määrittelee yleiset periaatteet tietomallipohjaiselle suunnittelulle. Näitä periaatteita noudatetaan hankekohtaisesti tehtyjen päätöksine mukaan. Tietomallivaatimukset 2012 kattaa uudis- ja korjausrakentamiskohteet sekä rakennuksen käytön ja ylläpidon. Mallinnusvaatimuksissa on esitetty vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Nämä vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Tapauskohtaisia lisävaatimuksia voidaan esittää, ja mallinnusvaatimukset ja -sisältö on esitettävä kaikissa suunnittelusopimuksissa sitovasti ja yhdenmukaisesti. Hankkeissa tulee yhteisesti sopia missä määrin urakoitsijoiden ja tilaajien omia tietomalliohjeita noudatetaan. Tietomallivaatimukset 2012 koostuvat 14. kohdasta jotka ovat yleinen osuus, lähtötilanteen mallinnus, arkkitehtisuunnittelu, talotekninen suunnittelu, rakennesuunnittelu, laadunvarmistus, määrälaskenta, mallien käyttö havainnollistamisessa, mallien käyttö talotekniikan analyyseissä, energia-analyysit, tietomallipohjaisen projektin johtaminen, tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana, tietomallin hyödyntäminen rakentamisessa ja tietomallin hyödyntäminen rakennusvalvonassa. (buildingSMART 2012, RIL 229-1 2013)

Rakennuksesta luotua tietomallia hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tietomallin hyödyntäminen alkaa suunnittelun alkaessa sekä jatkuu yhä rakennusprojektin jälkeen käytön ja ylläpidon aikana. Tietomallit mahdollistavat mm. investointipäätöksiin tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia. Tietomallilla voidaan havainnollistaa suunnitelmia ja analysoida rakennettavuutta. Ne mahdollistavat myös laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen. Rakennushankkeen jälkeen tietomallista saatuja tietoja pystytään hyödyntämään käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. (buildingSMART, RIL 229-1 2013)

Jotta mallinnuksessa onnistuttaisiin, on malleille ja mallien hyödyntämiselle asetettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. Näiden tavoitteiden ja yleisvaatimusten perusteella määritellään ja dokumentoidaan kunkin projektin projektikohtaiset vaatimuksen. Yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita ovat esimerkiksi hankkeen päätöksentekoprosessien tukeminen, osapuolien sitouttaminen hankkeen tavoitteisiin mallin avulla, suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen, suunnittelun ja suunnitelmien yhteensovittamisen auttaminen, rakennusprosessin ja lopputuotteen laadun kohottaminen ja varmistaminen, rakentamisaikaisten prosessien tehostaminen, rakentamisen ja rakennuksen elinkaaren aikaisen turvallisuuden parantaminen, hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysien tukeminen sekä hankkeen tiedonsiirron tukeminen käytönaikaisessa tiedonhallinnassa. (buildingSMART 2012, RIL 229-1 2013)

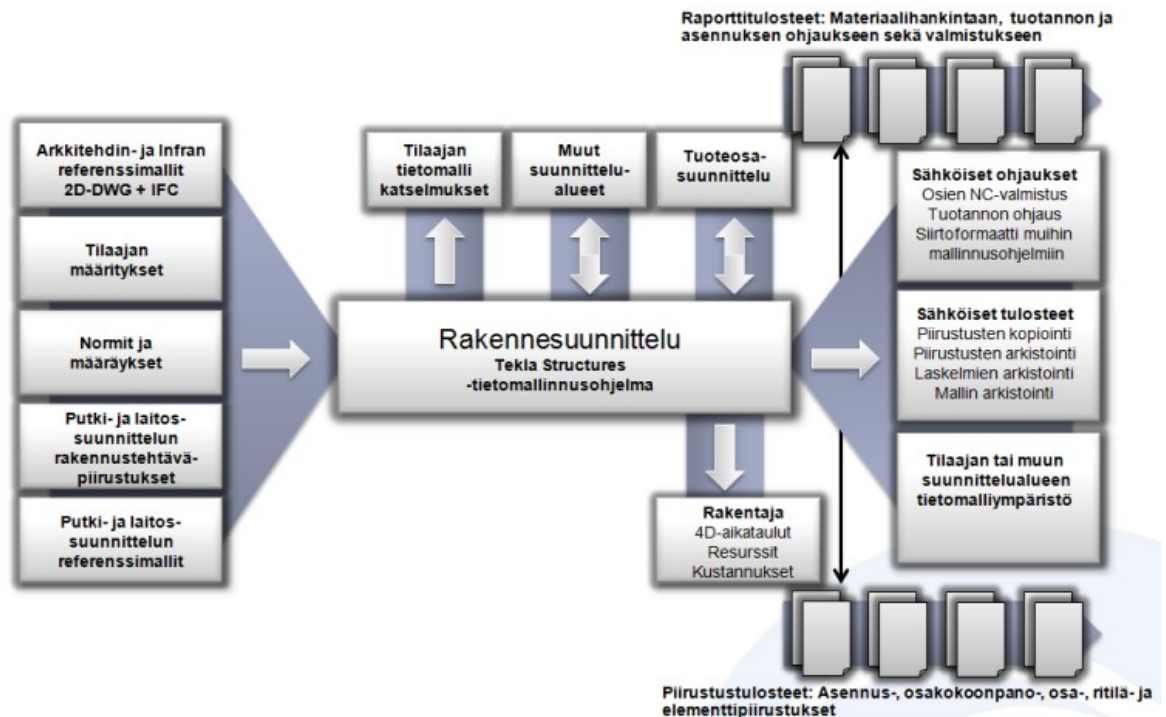
Korpelan tutkimuksen mukaan tietomallipohjaisen suunnittelun ristiriitojen ratkaiseminen lähtee suunnittelijoiden ristiriitojen ratkaisemisesta. Rakennushankkeen suunnittelijoiden toimintajärjestelmän ristiriidat aiheuttivat tutkimuksen mukaan ristiriitoja myös muille hankeosapuolille. Tämä johtuu siitä, että suunnittelijoiden suunnitelmat toimivat välineinä ja työkaluina työmaahenkilöstölle ja urakoitsijoille. (Korpela 2011)

Korpelan tutkimuksen mukaan suunnittelijoiden ongelmien pääaiheet ovat suunnitelmien muutokset. Suunnittelijoiden tulee tietää ajoissa, mitä suunnitella ja suunnitelmien lähtötietojen tulee olla kunnossa ajoissa. (Korpela 2011) Suunnittelijoilla tulisi olla selvät pelisäännöt tietomallin sisällöstä ja tarkkuudesta sekä tietomallin suunnittelija-osapuolten vastuista. Jokaisella suunnittelijaosapuolella tulisi olla tarvittavat lähtötiedot oman työn tekemiseen ja suunnitteluresurssit tulisi olla oikein mitoitettu.

### 3.1.2 IFC-tiedonsiirto

IFC on oliopohjainen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen kehitetty kansainvälinen ja jatkuvasti kehitettävä rakennuslana ISO/PAS 16739 standardi. Sen historia alkaa loppuvuodesta 1994 kun Autodesk perusti teollisen konsortion kehittämään C++ luokkia, jotka voisivat tukea integroitua ohjelmistokehitystä. 12 amerikkalaista yritystä yhdistyivät konsortioon, joka myöhemmin tuli tunnetuksi nimellä Industry Alliance for Interoperability. 1997 nimi kuitenkin muutettiin International Alliance for Interoperability:ksi (IAI). IFC-standardia kehittävä IAI-järjestö tunnetaan nykyisin buildingSMART markkinointinimellä. IFC on itsenäinen ja puolueeton tiedostomuoto, jota ei omista mikään ohjelmistokehittäjä. IFC:n tavoite on helpottaa tiedonsiirtoa eri ohjelmistokehittäjien ohjelmistojen välillä. IFC-tiedonsiirto käsittää pelkästään oliotietojen eli 3D-geometian ja parametrien siirtoa, eikä sillä voi siirtää piirustusmuotoisia tietoja. Uusin IFC-standardi versio 4 Add1 on julkaistu vuonna 2015. Smith ja Tardif esittävät IFC Support Capability Maturity Model asteikon, jolla voidaan arvioida mallin tasoa sen suhteen, mitä tietoja voidaan luotettavasti siirtää eri ohjelmistojen välillä käyttämällä IFC-tiedonsiirtoa. Asteikko kasvaa asteesta 1: ”ei yhteensopivuutta ohjelmistojen välillä” asteeseen 10: ”IFC-tiedostot ovat täysin tuettuja ja toimivat tiedonsiirrossa”. Vaikka kaikki yhteensopivuus käytännöt toimisivat, on IFC ainoa oikea kansainvälinen standardi ohjelmistojen välillä. Rakennushankkeissa ollaan siirtymässä täysin IFC-tiedonsiirtoon, mutta vielä toistaiseksi sen lisäksi tarvitaan muita tiedonsiirtomuotoja vielä pitkään. (Smith, D & Tardif, M 2009, buildingSMART 2012, Eastman ym. 2011)

Kuvassa (Kuva 10) on esitetty rakennesuunnittelijan tietovirtoja kuvaava kaavio. Kaaviosta voidaan nähdä, että tieto siirtyy monen eri osapuolen välillä ja nämä eri suunnitteluosapuolet käyttävät eri ohjelmistoja. Eri ohjelmistot käyttävät eri tiedostomuotoja. Pyrkimyksenä olisi saada tiedonsiirto sellaiseksi, että jokainen suunnittelussa käytettävä ohjelmisto pystyisi ymmärtämään ja käyttämään samaa tiedonsiirtodataa. IFC-tiedonsiirto tähtää tähän, mutta kehitystä tarvitaan vielä paljon.



Kuva 10 Rakennesuunnittelijan tietovirtoja kuvaava kaavio integroidussa rakennusprojektissa. (Eklund 2011)

### 3.1.3 Tulosteet

Tietomallista voidaan tulostaa nykykäytännöstä poikkeavia asiakirjoja. Nykyisten kiinteämuotoisten suunnitteluasiakirjojen merkitys vähenee, kun käyttäjän itse määrittelemiä tietotarpeita voidaan pitää tietomallista saatavien tulosteiden lähtökohtina. Tietojen toimittaminen esimerkiksi raudoitetehtaalle on entistä helpompaa pelkästään sähköisessä muodossa. Tietomallista tuotettavia tulosteita ovat esimerkiksi perinteiset suunnitteluasiakirjat (piirustukset, työselostukset jne.), asiakirjat (joissa vapaasti yhdistettävissä grafiikkaa, tekstiä ja luetteloita), määrätiedot halutussa muodossa, työvaihekohtaiset piirustukset ja niin sanotut ”täsmätulosteet”, 3D-kuvaukset hankkeen erivaiheista tai rakennuksen valituista osista, rakennusprosessia palvelevat logistiikkatiedot ja kiinteistöhallinnan lähtötiedot. (RIL 229-1 2013)

## 3.2 Tietomallipohjaisen suunnittelun hyödyt

### 3.2.1 Törmäystarkastelut

Törmäystarkastelun tarkoituksena on tuoda eri suunnitteluosapuolien mallit yhteen ja tarkistaa tästä yhdistetystä mallista mahdolliset yhteentörmäykset, päällekkäisyydet ja mallin eroavuudet. Eroavuudet ja päällekkäisyydet pystytään tämän tarkastelun jälkeen helposti korjaamaan ja vaihtoehtoisista ratkaisuista sopimaan. Lisäksi yhdistetystä mallista pystytään havaitsemaan ja korjaamaan esteettisyyteen vaikuttavat visuaaliset virheet. Yhdistelmämallista pystytään oikeanlaisilla sovelluksilla ajamaan ulos listaukset törmäystarkastelussa havaituista ongelmakohdista ja siten helpottamaan pääsuunnittelijan työtä. (Eastman ym. 2011, Vuopala 2015)

### 3.2.2 Analyysit

Tärkeimpinä analyyseinä voidaan pitää energia-analyysejä. Ne ovat tärkeä työkalu rakennuksen energiatehokkuuden kannalta suunnittelua ohjattaessa. Tietomallien hyödyntäminen energia-analyysejä tehdessä mahdollistaa analyyysien tekemisen systemaattisemmin, läpinäkyvämmiin ja useimmissa tapauksissa myös tehokkaammin kuin tavanomaisin keinoin olisi mahdollista. Rakennuksen energia-analyytit pystytään tekemään linkittämällä rakennuksen tietomalli työkaluihin, jotka laskevat rakennuksen eristävyyden ja energiankäytöt lämmitykselle ja jäähdytykselle. Tietomallin hyödyntämisessä yksi tärkeimmistä hyödyistä saadaan, kun varmistetaan oikean informaation käyttöä laskelmissa. Energia-analyyysien avulla pystytään arvioimaan ja kehittämään rakennuksen energiankulutusta sen elinkaaren aikana. (Eastman ym. 2011, buildingSMART 2012, Vuopala 2015)

Aineiston mukaan muita tietomallin avulla tehtäviä analyysejä ovat mm.

- toiminnalliset analyytit,
- palosimulaatiot,
- valaistus ja akustiikka-analyytit,
- rakenneanalyytit,
- elinkaarikustannusanalyytit,
- käyttöikäanalyytit ja
- ympäristövaikutusanalyytit.

### 3.2.3 Aikatauluttaminen (4D)

Tietomallin rakenneosat pystytään linkittämään aikatauluun, mikä mahdollistaa projektin aikataulun graafisen havainnollistamisen. Käyttäjät pystyvät simuloimaan työmaan ja rakennuksen edistymistä rakentamisen jokaisessa vaiheessa. Esimerkiksi elementtien asennusjärjestys pystytään simuloimaan käyttäjän määrittelemillä värityssäädoilla tai animaatioin. Tämän tyyppinen simuloiminen mahdollistaa suunnitteluvirheiden aikaisen huomaamisen ja korjaamisen. Näiden virheiden huomaaminen vasta rakennusvaiheessa tulisi maksamaan paljon enemmän. Aikatauluttamista voidaan hyödyntää myös työmaan logistiikkaa suunniteltaessa. Rakentamisen suorittamisesta ja logistisista ratkaisuista pystytään simuloimaan useita vaihtoehtoisia ratkaisuja ja niistä pystytään arvioimaan ja valitsemaan suotuisin ratkaisu. Malliin syötettyjä aikatietoja voidaan myös käyttää toteutuneen ja suunnitellun ajankäytön vertailussa. (Eastman ym. 2011)

### 3.2.4 Kustannusarviot (5D)

Vuopalan (2015) mukaan tietomallista pystytään saamaan erilaisia kustannustietoja riippuen tietomalliin syötetyistä tiedoista ja tietomallin kypsyystasosta. Muiden lähteiden mukaan tietomallin 3D-rakenneosat pystytään linkittämään eri materiaalien ja komponenttien hintatietoihin. Hintatiedot ovat yleensä materiaalien määrän mukaan, mutta pidemmälle vietyinä ne voivat sisältää myös arvioita työpanoksen ja laitteiden hintoja. Tietomallin liittäminen hintatietoihin mahdollistaa täsmällisen kustannusarvioinnin missä tahansa suunnittelun vaiheessa ja luo ymmärrystä suunnittelussa tehtyjen päätösten taloudellisista vaikutteista. Kustannusarviot mahdollistavat materiaalien ja rakennusratkaisujen arvioinnin taloudelliselta kannalta. (Eastman ym. 2011)

### **3.3 Tietomallipohjainen suunnittelu projektinjohtamisessa**

Tietomallinnuksen (BIM) kasvava kiinnostus luo myös uusia ulottuvuuksia projektinjohtomalleihin. Tietomallinnuksen kehitys luo uusia malleja kuten esimerkiksi Integroidun projektitoimitus (IPD) mallin. IPD-malli on alun perin kehitetty monimutkaisiin ja suuriin infra- ja uudisrakentamisen projekteihin. Tämän mallin ideana on jakaa riskit hankkeen osapuolien välillä ja kannustaa heitä toimimaan yhdenmukaisena ryhmänä yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Uusien mallien toimivuuden kannalta korostuu yhä tiiviimpi yhteistyö ja kommunikointi projektiin osallistuvien osapuolien välillä. Eri osapuolten yhteistyössä käytyjen keskustelujen dokumentoiminen on tärkeää ja perinteisesti nämä keskustelut on tallennettu paperille tai dokumenttipohjaisesti. BIM ottaa perinteiset paperi ja dokumenttipohjaiset työkalut ja liittää ne virtuaaliseen ympäristöön. Tämä mahdollistaa tehokkuuden kasvattamisen uudelle tasolle kommunikoinnissa ja yhteistyössä. BIM:in potentiaali ulottuu projektin elinkaaren kaikille asteille. Sen avulla omistajan on mahdollista ymmärtää projektin tarpeet, suunnittelija tiimin on mahdollista analysoida, suunnitella ja kehittää projektia, urakoitsijan on mahdollista hallita projektin rakentamista ja toimitilajohdon on mahdollista hyödyntää mallia käyttö ja käytöstä poisto vaiheissa. Tulevaisuudessa BIM voisi kehittyä virtuaalisen projektin suunnittelun ja rakentamisen lähestymistapaan, jossa koko projekti simuloidaan virtuaalisesti kokonaan ennen käyttöönottoa. (Byrne & Broquetas & Volm 2013)

Byrne, Broquetas ja Volm (2013) listaavat Allisonin (2010) tekemän blogiartikkelin mukaiset mahdolliset rakennuksen tietomallin hyödyt projektin johtajille. Hän listaa 10 syytä, miksi projektin johtajan pitäisi hallita 5D BIM:in. 5D BIM käsitetään yleisesti Tietomalliksi, joka sisältää 3D-mallinnuksen lisäksi aikataulutustiedot ja tiedot projektin arvioimiseksi mallista. Vain harvoin PM artikkelit keskittyvät rakennuksen tietomalliin projektin johdon näkökulmasta, toisin kuin Allisonin artikkeli, jossa hän keskittyy artikkelissaan BIM:in mahdollisuuksiin PM työkaluna. Allisonin artikkelin listaukset ovat hyvät lähtökohdat, kun tarkastellaan BIM:in hyötyjä projektin johtajille. Byrnen, Broquetaksen ja Volmin taulukoimat hyödyt mahdollisista BIM:in hyödyistä projektin johtajille on esitetty taulukossa (Taulukko 3).

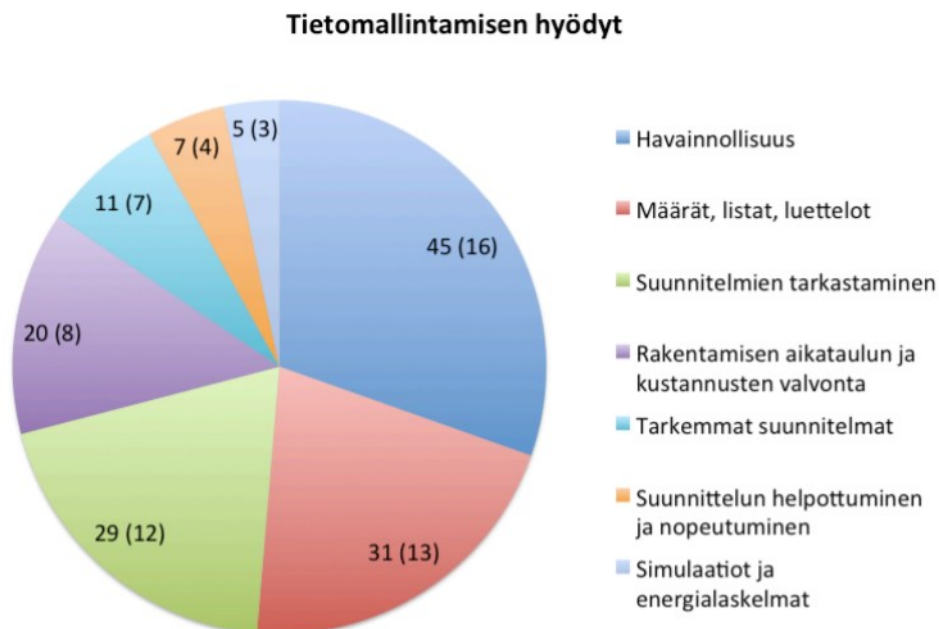
**Taulukko 3 Mahdolliset BIM:in hyödyt projektipäällikölle. (Allison 2010)**

<b>Mahdolliset hyödyt projektipäällikölle</b>	<b>Miksi?</b>
Projektin aikataulun ja budjetin organisointi	Integroitu 5D BIM malli päivittää automaattisesti sekä aikataulut ja budjetit, kun jotain muutetaan mallissa
Tehokas työskentely Suunnittelutiimin kanssa	Käyttämällä integroitua 5D BIM mallia visualisoidakseen ja tutkiakseen muutosten vaikutusta, projektin johtaja voi pitää projektin laajuuden kurissa ja tulla luotettavaksi yhteydenpitäjäksi suunnittelijoiden ja omistajan välillä
Aliurakoitsijoiden palkkaus ja kontrolloiminen	Törmäystarkastelun hallitseminen ja koordinoiminen ovat avainasemassa pidettäessä aliurakoitsijoiden työ ennustettavana
Requests for Information (RFIs) ja Muutostilaukset	Hyödyntämällä koordinointi resoluutiota esirakentamisessa, muutostöiden määrä voidaan tuoda lähes nolnaan
Omistajan kokemuksen ja tyytyväisyyden optimointi	Omistaja sai suuren sysäyksen itseluottamusta GC:ssä kun PM näytti hänelle, miten suunnittelupäätökset vaikuttavat hintaan ja aikatauluun
Projektin päättäminen	Projektin johto esittää 6D BIM:in – Tilojen resurssit, takuutietojen kanssa, tekniset tiedot, huoltoaikataulut ja muut oleelliset tiedot
Tuottomarginaali	Projektin ymmärtäminen täysin 5D:ssä antaa projektin johdolla enemmän työkaluja pitämään tiukat ohjat sekä enemmän raportteja edistymisen seuraamiseen
Progressiiviset omistajat ovat tuomassa BIM:in pakolliseksi heidän projekteissaan	BIM-expertiksi tuleminen sekä esirakentamisessa että ulkona kentällä luo projektin johdon korvaamattomaksi avain pelaajaksi
PM yrityksen kasvu	Projektin onnistuminen 5D BIM:ssä tarkoittaa mahdollisuutta kasvattaa yrityksen mainetta ja auttaa yritysjoukkuetta voittamaan uusia tilauksia

Byrnen, Broquetaksen ja Volmin (2013) artikkeliin tehdyn tapaustutkimuksen mukaan BIM on tehokas työkalu parantamaan tiettyjä keskeisiä näkökohtia rakennushankkeiden toimittamisessa. Tutkimuksessa kerättiin empiiristä aineistoa projektinhallinnan näkökulmasta 35:ssä rakennushankkeesta siitä, miten BIM:in käyttö koettiin parantavan tai huonontavan projektin hallinnan osa-alueita. Tutkimuksen mukaan BIM:in käytön vaikutukset näkyivät parhaiten kustannuksissa. Kustannuksien jälkeen seuraavaksi tulivat aika, kommunikointi, koordinoimisen parantaminen ja laatu. BIM:in käyttöön oton negatiivisia vaikutuksia oli suhteellisen paljon vähemmän ja useimmat niistä olivat ohjelmistoista tai laitteistoista riippuvia tekijöitä, kuten esim. työntekijöiden koulutus ohjelmistoihin ja liian tehottomat tietokoneet. Näiden negatiivisten vaikutuksien vähentämiseen panostamisella esim. henkilöstön kouluttamisella ja uusien laitteiden hankkimisella toisi yritykselle pitkällä tähtäimellä vain hyötyjä. Tutkimuksen mukaan useimmat Allisonin (2010) taulukossa 1 näytetyistä hyödyistä tuli täytettyä tutkimuksen kohteina olevissa projekteissa. Vain projektin päättämisessä BIM:in käytöllä ei ollut raportoituja hyötyjä. Siten tutkimus tukee ajatusta siitä, että BIM voi johtaa virtuaaliseen projektin suunnittelu lähestymistapaan, varsinkin projektin elämänsäkaaren alkuvaiheilla. Yleisesti tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että BIM on sopiva työkalu projektin johtajille ja sen hyödyntämisessä projektin johtamisessa tulisi lisätä ja kehittää PM alan ammattilaisten keskuudessa. (Byrne & Broquetas & Volm 2013)

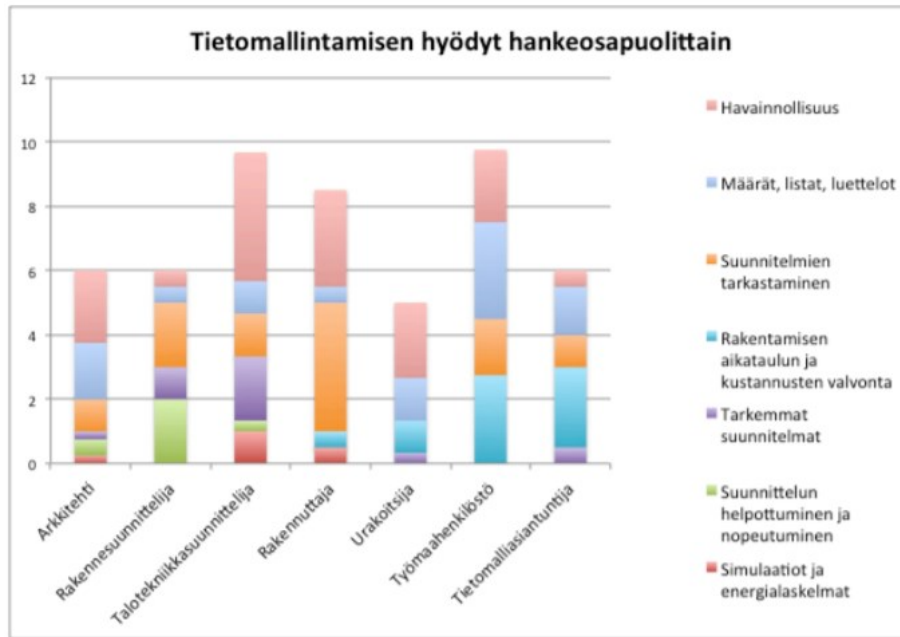


Byrnen, Broquetaksen ja Volmin (2013) tutkimuksen perusteella on vielä joitain haasteita, jotka tulisi pitää mielessä BIM:in hyötyjä tavoitellessa. BIM:iä tulisi markkinoida ja myydä tiukan kustannus-hyöty analyysin tukemana, kun vakuutetaan käyttäjät sen tuomasta lisäarvosta. Toisekseen joidenkin BIM ohjelmistojen välillä on yhteen toimivuuden kanssa ongelmia. Vaikeammin selvitettäviä ongelmia ovat suunnittelun osapuolien yhteisistä IT-laitteistoista sopiminen ja yhteistyö rajoittamatta tiedonkulkua tai tietomallin jakoa suojellakseen tekijän- ja omistusoikeuksia. Henkilöstön kouluttamisen tarve on otettava myös huomioon, kun mietitään BIM:in käyttöönoton hyötyjä. Artikkelin mukaan avain tähän on integroitu suunnittelun lähestymistapa ja tehokas sidosryhmien sitoutuminen prosessiin, jossa otetaan huomioon myös loppukäyttäjän tarpeet. Tutkimuksen mukaan seuraava looginen askel olisi tehdä yksityiskohtaisempaa tutkimusta BIM:in käytöstä yksittäisissä projekteissa, jotta löydettäisiin missä määrin hyödyt ovat riippuvaisia tietyn hankkeen ominaisuuksista. Miten projektin suuruus, arvo ja monimutkaisuus vaikuttavat BIM:in käytön tuottamiin hyötyihin. Lisäksi tällainen hienojakoinen analyysi voisi keskittyä rakennusprojektin projektinhallinnan näkökohtiin. (Byrne & Broquetas & Volm 2013)



**Kuva 11 Tietomallintamisen hyödyt kaikkien hankeosapuolten näkökulmasta. (Korpela 2011)**

Korpelan (2011) tutkimuksen mukaan tietomallintamisen hyödyt jakautuvat kuvan (Kuva 11) mukaisesti. Kuvasta nähdään, että suurimpana hyötynä koettiin tietomallin havainnollisuus, jota seurasi määrät, listat ja luettelot. Tietomallipohjaisen suunnittelun kannalta suunnittelun helpottumista ja nopeutumista ei koettu tärkeäksi, vaan oman työn havainnoiminen ja suunnitelmaratkaisujen vertailu sai suuremman arvon.



Kuva 12 Tietomallintamisen hyötyjen jakautuminen hankeosapuolittain. (Korpela 2011)

Korpelan (2011) tutkimuksen kuvan (Kuva 12) mukaan rakennesuunnittelijalle tärkeimmät hyödyt ovat rakennesuunnittelun helpottuminen ja nopeutuminen sekä suunnitelmien tarkastaminen. Myös muissa tutkimuksissa (Eastman ym. 2011, Karner ym. 2008) dokumenttien ja piirustusten nopea tuottaminen on koettu tärkeimmäksi hyödyksi. Muista hankeosapuolista eroten tietomallin havainnollisuudella ja suunnitelmien tarkkuudella ei koettu olevan niin suurta painoarvoa. Korpelan mukaan tietomallinnuksen ongelmat rakennesuunnittelun puolella painottuvat aikatauluongelmiin, ohjelmistojen toimimattomuuteen ja sekä lähtötietojen puutteellisuudesta johtuviin tietomallien laatuongelmiin. (Korpela 2011)

### 3.4 BIM-kypsyysasteet

Yritykset kehittävät yleensä omat metodit määritelläkseen BIM-kypsyysasteiden tasot. Tämä käytäntö perustuu Yhdysvaltain kansallisesta tietomallinnusstandardista (NBIMS) kehitettyyn kypsyysmallimatriisiin (CMM), jolla kartoitetaan tietomallin ”kypsyys”-tasoa. Tällä mallilla käyttäjät pystyvät arvioimaan käytäntöjään ja prosessejaan teknisten funktioiden taulukkopohjaisella arviointi kaavakkeella. CMM-mallin tarkoituksena on antaa rakennusteollisuuden toimijoille työkalu heidän BIM-tasonsa määrittämiseen yksittäisissä tietomalleissa vertailemalla sitä tiettyihin kriteereihin. Lisäksi CMM-mallilla voidaan määrittää tavoitteita tietomallin tason kasvattamiseksi tulevaisuuden projekteissa etenemällä kohti kehittyneempiä CMM-mallin ominaisuuksia. CMM-mallin tarkemmat kuvaukset on esitetty taulukossa (Taulukko 4). (NBIMS 2015)

CMM-malli on matriisi, jossa x-akselilla on 11 kohtaa mallin kypsyysasteen kategorioita ja y-akselilla on mallin kategorian kypsyysaste pienimmästä tasosta 1 suurimpaan tasoon 10. Matriisin 11 kypsyysasteen kategorioita ovat Data Richness, Life Cycle Views, Roles or Disciplines, Business Process, Change Management, Delivery Method, Timeliness/Response, Graphical Information, Spatial Capability, Information Accuracy ja Interoperability/IFC Support. Matriisin rakenne puolestaan kuvaa kypsyysasteen tasot kuvaillen organisaation tai yksittäisen projektin kiinnostuksen kohteet.

Koska matriisiin kohdat ovat subjektiivisia ja tulkinnanvaraisia, ihmiset eivät aina ole samaa mieltä kaikkien mahdollisten kohtien tai kypsyystason kuvausten kanssa. Nämä kohdat ja kuvaukset kuitenkin edustavat yksinkertaistettua yhteisymmärrys perusteista lähestymistapaa. (Smith D & Tardif M 2009, NBIMS 2015).

**Taulukko 4 Vapaasti suomennettu CMM-matriisi (Smith D & Tardif M 2009, NBIMS 2015)**

Kyp- syysaste	A Datan määrä	B Elinkaa- rinäkymät	C Roolit ja suunnitte- lualat	G Muutosten hallinta	D Liiketoiminnan Prosessi	F Aikajanat/ Reaktio	E Toimitus tapa	H Graafinen informaatio	I Paikkatieto ominaisuudet	J Informaation tarkkuus	K Yhteensopivuus/ IFC-tuki
1	Perusydindata	Ei koko projektin vaihetta	Yksikään rooli ei täydellisesti sisällytetty malliin	Ei muutostenhallinta mahdollisuutta	Erillisiä prosesseja ei ole integroitu	Useimmat reaktiotiedot manuaalisesti uudelleenkerätty – hitaasti	Yksittäinen pääsy ilman IA:ta	Pääasiallisesti tekstiä – Ei teknistä grafiikkaa	Ei paikkatietoja	Ei ole tarkkuutta	Ei yhteensopivuutta
2	Laajennettu Datapaketki	Suunnitelu ja mallinnus	Vain yksi rooli sisällytetty	Tiedostettu muutosten hallinta	Vain harvat liikt. prosessit keräävät tietoa	Useimmat reaktioinfot manuaalisesti uudelleenkerätty	Yksittäinen pääsy rajoitetulla IA:lla	2D ei älykäs- tä kuten suunniteltua	Perus paikkatiedot	Alkuperäiset tarkkuudet	Pakotettu yhteensopivuus
3	Tehostettu Datapaketki	Lisätty rakentamisen/toimituksen	Kaksi roolia osittain sisällytetty	Tiedostettu MH ja perussyysanalyysimetelmä (RCA)	Jotkut liikt. prosessit keräävät tietoa	Datapyynnöt ei BIM:issä, mutta useimmat muut datat	Tietoverkko pääsy perus IA:lla	NCS 2D ei älykäs- tä kuten suunniteltua	Paikkatiedot	Rajoitettu tarkkuus – Alkuperäiset tilat	Rajoitettu yhteensopivuus
4	Data plus jotain informaatiota	Sisältää rakentamisen/toimituksen	Kaksi roolia täysin sisällytetty	Tiedostettu MH, RCA ja palaute	Useimmat liikt. prosessit keräävät tietoa	Rajoitettu reaktio info saatavilla BIM:stä	Tietoverkko pääsy täydellisellä IA:lla	NCS 2D älykäs- tä kuten suunniteltua	Paikannettu rajoitetulla tiedon jaolla	Täydellinen tarkkuus - Alkuperäiset tilat	Rajoitettu tieto siirtyy COTS:ien välillä
5	Data plus laajennettu informaatio	Sisältää rakentamisen/toimituksen ja valmistuksen	Osittainen suunnitelma, Suunnitelu ja rakentamisen sisällytetty	Toteuttaa muutosten hallintaa	Kaikki liikt.(LT) prosessit keräävät tietoa	Suurin osa reaktioinfosta saatavilla BIM:stä	Rajoitetut web-palvelut	NCS 2D älykäs- tä kuten rakennettua	Paikkatiedolla paikannettu metadatan kanssa	Rajoitettu tarkkuus – Alkuperäiset ja nykyiset	Suurin osa tiedosta siirtyy COTS:ien välillä
6	Datan lisäksi rajattua määräävää informaatiota	Lisätty rajoitettu toiminta ja takuu	Suunnitelma, suunnittelu ja rakentaminen sisällytetty	Muutostenhallinta mahdollisuus	Vain harvat LT. prosessit keräävät ja ylläpitävät tietoa	Kaikki reaktioinfo saatavilla BIM:stä	Täydelliset web-palvelut	NCS 2D älykäs- tä ja ajankohtaista	Paikkatiedolla paikannettu täydellisellä tiedon jaolla	Täydellinen tarkkuus - Alkuperäiset ja nykyiset	Täydellinen tieto siirtyy COTS:ien välillä
7	Datan lisäksi suurin osa määräävästä tiedosta	Lisätty toiminta ja takuu	Toiminta ja huolto sisällytetty osittain	Toteutettu	Jotkut LT. prosessit keräävät ja ylläpitävät tietoa	Kaikki reaktioinfo saatavilla BIM:stä ja ajankohtaise- na	Täydelliset web-palvelut IA:lla	3D – älykäs- tä grafiikkaa	Osa rajoite- tusta GIS:stä	Rajoitettu laskennalliset alueet ja todellinen tarkkuus	Rajoitettu tieto käyttää IFC:tä yhteensopivuudessa
8	Datan lisäksi kaikki määräävä tieto	Lisätty rahoitus	Toiminta ja huolto sisällytetty	Toteuttaa MH:ta ja perussyysanalyysimetelmää (RCA)	Kaikki LT. prosessit keräävät ja ylläpitävät tietoa	Rajoitettu reaaliaikainen saanti BIM:stä	Web-palvelut – turvattu	3D - Ajan- kohtaista ja älykäs- tä	Osa vielä tarkemmas- ta GIS:stä	Täydelliset laskennalliset alueet ja todellinen tarkkuus	Laajennettu tieto käyttää IFC:tä yhteensopivuudessa
9	Rajattua tiedon hallintaa	Täydellisen laitoksen elinkaaren kokoelma	Kaikki laitoksen elinkaaren roolit sisällytetty	MH ja RCA valmiudet toteutettu	Jotkut LT. prosessit keräävät ja ylläpitävät tietoa reaaliajassa	Täydellinen reaaliaikainen saanti BIM:stä	Verkko- keskeinen SOA pohjainen CAC pääsy	4D – aika lisätty	Integroitu GIS:ksi	Laskennalliset GT rajoitetuilla mittareilla	Suurin osa tiedosta käyttää IFC:tä yhteensopivuudessa
10	Täydellinen tiedon hallinta	Tukee ulkoista toimintaa	Sisäiset ja ulkoiset roolit sisällytetty	Toteuttaa MH:ta, RCA:ta ja palautetta	Kaikki LT. prosessit keräävät ja ylläpitävät tietoa reaaliajassa	Reaaliaikainen saanti live-syötteillä	Verkkokeskeinen SOA rooliperusteinen CAC	nD – Aika ja kustannukset	Integroitu GIS:ksi täydellisellä tiedon siirrolla	Laskennalliset tarkkuudet täydellisillä mittareilla	Kaikki tieto käyttää IFC:tä yhteensopivuudessa

Suomessa käytetään yleensä Yleisten tietomallivaatimuksien (YTV) 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” täydentävässä liitteessä RAK Tilaajan ohjeet tarkkuustasoja mallinnukselle, jos yritys ei ole kehittänyt omia mallinnustarkkuustasojaan. YTV 2012:n mukaan mallinnustarkkuus jaotellaan uudisrakentamisessa neljään tasoon. Nämä neljä mallinnustarkkuustasoa ja niiden kuvaukset on esitetty taulukossa (Taulukko 5). Mallinnuksen tasot kehittyvät perusgeometrian mallintamisesta elementtien yksityiskohtaiseen mallintamiseen kaikkine valutarvikkeineen. Pöyry Finland OY:llä tehdyssä tietomallipohjaisessa suunnittelussa on yleisesti lähtökohtana toteuttaa mallinnus tarkkuustasolla, joka on verrattavissa taulukon tarkkuustasoon 4. Tästä huolimatta tietomallinnuksen tarkkuudesta sovitaan aina tilaajan kanssa projektikohtaisesti. (buildingSMART 2012)

**Taulukko 5 Mallinnuksen tarkkuustasot. (buildingSMART 2012)**

Mallinnuksen tarkkuustaso	Mallinnuksen tarkkuustason kuvaus
1	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein.
2	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden kokonaismäärät selviävät mallista. Rakenteet elementoidaan.
3	Mallinnetaan tyyppielementit ja tyyppipaikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanoista tehdään betonielementtejä vastaavat mallikokoonpanot liitoksineen (liittopilareihin myös raudoitteet). Muut osat mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen ja valutarvikkeeseen.
4	Mallinnetaan elementit ja paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanot mallinnetaan konepajatasolle (liittopilareihin myös raudoitteet). Paalutarkkeet siirretään malliin ja paalut mallinnetaan toteuman mukaan.

### 3.5 Tietosisältö hankintoja palvelevassa ja toteutussuunnittelussa

#### 3.5.1 Tietomallinnettavien rakenteiden yleinen tietosisältö

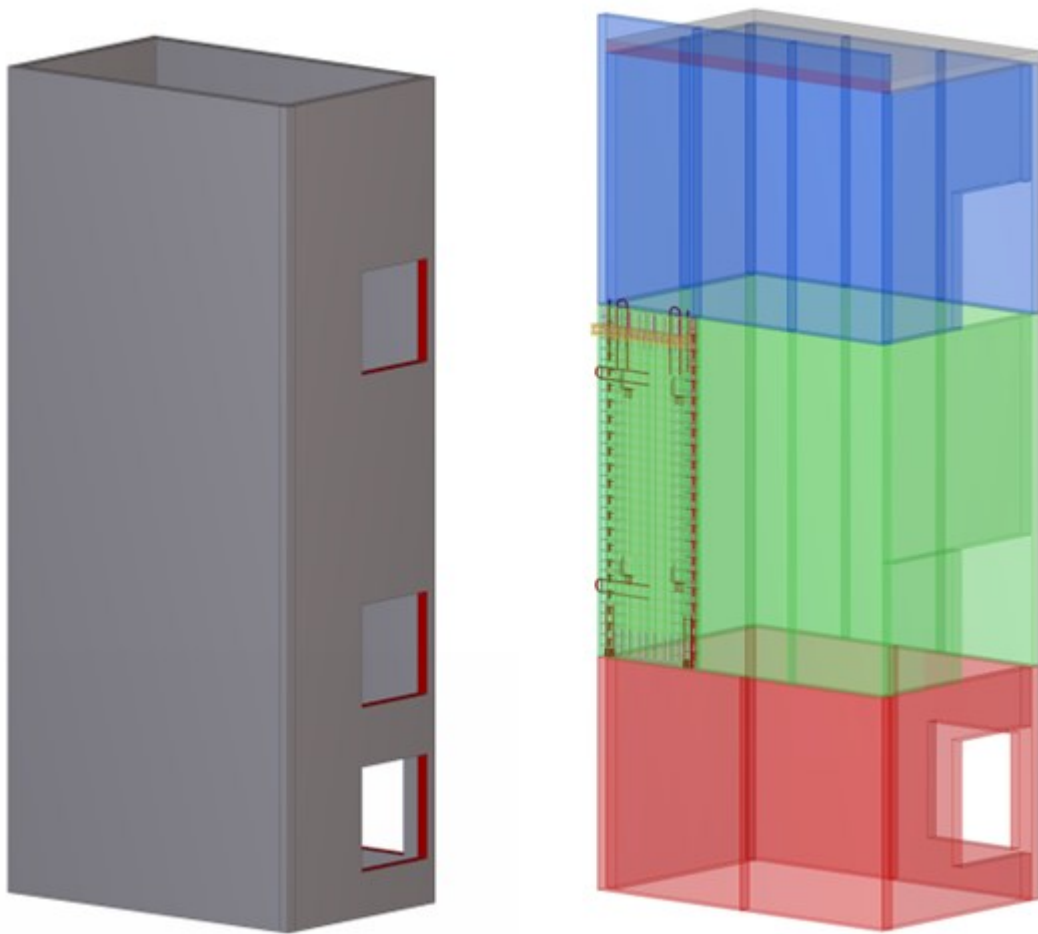
Tietomallinnettavien rakenteiden rakennemallin yleinen tarkkuus ja tietosisältö Yleisten tietomallivaatimusten 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” mukaisesti on esitetty taulukossa (Taulukko 6). Taulukossa esitetään oikeanpuoleisimmassa sarakkeessa mallin osa-alue ja esitetään sille keskimmaisessä sarakkeessa YTV 2012 asettama vaatimus. Vasemmanpuoleinen sarake on varattu ohjeille ja esimerkeille. Eri suunnitteluvaiheiden mallin tarkkuudet ja tietosisällöt on esitetty alakappaleissa 3.5.2 ja 3.5.5. (buildingSMART 2012)

Taulukko 6 Yleiset tietomallivaatimukset rakennesuunnittelussa (buildingSMART 2012)

	Vaatus	Ohje
Mallinnettavat rakenteet	Rakennemalliin mallinnetaan kaikki kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betonirakenteet. Lisäksi on mallinnettava sellaiset tilaa vievät rakennustuotteet joiden koolla ja sijainnilla on merkitystä muille suunnittelijoille.  Rakenteet tulee mallintaa siten, että tietoa siirrettäessä rakennusosan sijainti, nimi/tyyppi ja geometria siirtyvät rakennusosan mukana. Rakenne suunnittelijan on varmistettava, että rakennusosat ovat IFC-mallissa; seinä seinänä ja palkki palkkina.	Esimerkiksi palosuojalevyt mallinnetaan, jotta rakenteen alapinta selviää mallista talotekniikkasuunnittelijoille. Rakennemalliin ei yleensä lisätä kalvotyyppisiä rakennustuotteita, kuten esim. vedeneristeitä.  Yleensä ohjelmisto tekee tämän automaattisesti, jos rakenteet mallinnetaan käyttäen kyseisen osan mallintamiseen tarkoitettuja työkaluja; seinä mallinnetaan seinätyökalulla, palkki palkkityökalulla jne.
Rakennetyypit	Rakennesuunnittelija määrittelee projektin rakennetyypit tehtäväluettelon mukaisesti, vaikka niitä ei esiinny sellaisena rakennemallissa. Rakennetyypit tulostetaan 2D-piirustuksina. Arkkitehti käyttää rakennesuunnittelijan määrittelemiä rakennetyyppejä rakennusosamallissaan samannimisinä.	Rakennetyyppiinustuksen pitää olla koko projektiryhmän käytettävissä, koska niitä tarvitaan esimerkiksi energia-analyysissä tehessä.
Lohko- ja kerrosjärjestelyt	Rakenteet mallinnetaan kerroksiin ja lohkoihin suunnitellun rakentamisympäristön mukaisesti noudattaen projektissa sovitua koordinaatistoa. Koordinaatiston määrittäminen on esitetty YTV 2012 osiossa 1. Yleinen osuus.  Rakennemalliin määritellään kerros- ja/tai lohkotietoa siten, että ne siirtyvät IFC-tiedostossa. Kerros- ja lohkotietoa hyödynnetään mm. visualisoinnissa tarkastuksissa ja määräluetteloissa.	Suurissa hankkeissa rakennemalli voidaan joutua jakamaan osiin. Rakenteet mallinnetaan sellaisina kuin ne todellisuudessa ovat. Esimerkiksi kolmen kerroksen korkuinen pilari mallinnetaan ehjänä kerrosten läpi.  Rakennemalli jaetaan kerroksiin siten, että kerroksen kuuluvakantavat seinät/pilarit ja välipohjat välipohja. Useiden kerrosten läpi menevät rakenteet liitetään alimpaan kerrokseen, jossa ne esiintyvät. Eriksen sovitessa rakennesuunnittelija tuottaa IFC-mallin myös kerroksittain arkkitehtiä joutuu luomaan (kantavat seinät/pilarit ja välipohjat välipohja).
Numerointi ja nimeäminen	Mallinnusohjelmat numeroivat osat yksilöllisesti (GUID), jotta ne ovat tunnistettavissa tarpeen mukaan läpi hankkeen aina valmistukseen ja asennukseen asti. GUID-tunnisteen on säilytettävä mahdollisuuksien mukaan muokkaamalla jo luotuja rakennusosia niiden tuhoamisen ja uuden osan luomisen sijaan. Automaattisen GUID-numeroinnin lisäksi rakenteet nimetään ja numeroidaan loogisesti hankkeessa sovitulla ja tilaajan hyväksymällä tavalla, jotta osat pystytään tunnistamaan esimerkiksi määrälaskentaa ja logistiikkaa varten. Käytetty nimeämis- ja numerointilista on jaettava projektiryhmän käyttöön mallin käytön helpottamiseksi.	
Mallin valmiusaste	Rakennemallissa voi olla suunnittelun osalta eri vaiheissa olevia rakennusosia. Mallitiedon hyödyntämisen kannalta on oleellista tietää rakennusosien valmiusaste suunnittelussa. Valmiusaste esitetään mallissa tai se kirjataan selvästi tietomalliselostukseen. Valmiusasteen esitystapa sovitetaan projektikohtaisesti.	Valmiusasteen perusteella esim. talotekniikkasuunnittelijat voivat todeta rakennusosien alapintojen korkojen luotettavuuden.
Laadunvarmistus	Rakennemalleja julkaistaessa niihin ei saa sisällyttää muiden suunnittelijoiden malleja, vaikka niitä olisikin käytetty referenssimalleina. Rakennemallit saavat sisältää siis ainoastaan rakennesuunnittelijan mallintamia objekteja. Ennen mallin julkaisua on rakennesuunnittelijan tehtävä omien suunnitelmien laadunvarmistus yrityksen laatuvarmistuksen mukaisesti. Mallin laadunvarmistus tehdään tämän osion ja YTV 2012 osion 6. Laadunvarmistus mukaisesti.	Julkaistavat IFC-mallin tietosisältö voidaan määrittää käyttötarkoituksen mukaan. Mallia voidaan keventää esim. jättämällä pois raudoitukset.

### 3.5.2 Hankintoja palveleva suunnittelu

Hankintoja palveleva suunnittelu sisältyy tämän tutkimustyön kappaleessa 2.7. esitettyyn toteutussuunnitteluun. Hankintoja palvelevassa suunnittelussa (TELU 08 – RAK C6) tietomalli kehitetään hankintakyselyjen edellyttämälle tasolle ja laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat hankintakyselyjä varten. Kuvassa (Kuva 13) on esimerkki porrashuoneen elementtien mallinnustarkkuudesta siirryttäessä yleissuunnitteluvaiheesta hankintoja palvelevaan suunnitteluun. Kuvassa porrashuoneen malliin on eritelty elementit ja elementti on raudoitettu. Vaatimuksena on, että mallissa esitetään kantavien ja ei-kantavien betonirakenteiden koko, laajuus, määrät sekä tarkka sijainti. Tällöin se palvelee myös lähtötietona esimerkiksi Talotekniikkasuunnittelua (TATE) sekä lämpö, vesi ja ilmanvaihto suunnittelua (LVI) varten. (buildingSMART 2012)



**Kuva 13 Esimerkki porrashuoneen elementtien mallitarkkuuden kehityksestä yleissuunnitteluvaiheesta (kuvassa vasen) hankintoja palvelevaan vaiheeseen (kuvassa oikealla) siirryttäessä. ((buildingSMART 2012)**

Hankintoja palvelevan suunnittelun yleisiä lähtötieto vaatimuksia Yleisten tietomallivaatimuksien osion 5 ”Rakennesuunnittelu” mukaan ovat arkkitehdiltä IFC-malli YTV 2012 osion 3 ”Arkkitehtisuunnittelu” mukaisesti ja mallista tulostetut 2D-piirustukset sovitussa formaatissa. TATE-suunnittelulta vaadittavia lähtötietoja rakennesuunnittelijalle ovat IFC-malli YTV 2012 osion 4 ”Talotekninen suunnittelu” mukaisesti ja IFC-varausmalli sovitussa laajuudessa.

Rakennesuunnittelijan tietomallivaatimuksia ovat:

- Mallinnus YTV 2012 mallinnusliitteen 1 ”Rakennemallin tietosisältö” mukaisesti tai hankkeessa muuten päätetyn määrittelyn mukaisesti,
- laadunvarmistus YTV 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” yleisten määrittelyjen ja YTV 2012 osion 6 ”Laadunvarmistus” mukaisesti,
- IFC-mallin julkaisu YTV 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” yleisten määrittelyjen ja osion 6 ”Laadunvarmistus” mukaisesti,
- mallin julkaisu TATE-suunnittelijalle varausmallinnusta varten reikäpiirustuksien tekoprosessin mukaisesti,
- tietomalliselostusten täyttö sekä
- mallista tulostettavien piirustusten laadinta tilaajan tai yleisten ohjeiden mukaisesti.

Mallista saatavia yleisiä hyötyjä hankintoja palvelevan suunnittelun vaiheessa ovat:

- Suunnitelmien havainnollistaminen,
- määrälaskenta,
- suunnitelmien yhteensovittaminen,
- työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu,
- rakentamisaikataulun suunnittelu ja havainnollistaminen,
- asennus- ja työjärjestysten suunnittelu sekä
- lähtötieto toteutussuunnittelulle.

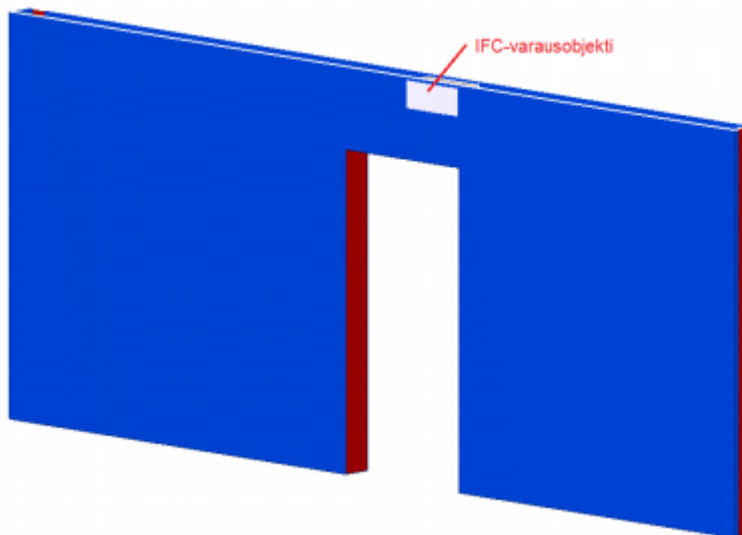
Yleisissä tietomalli vaatimuksissa hankintaa palvelevan suunnittelu vaiheen tulosteita ovat:

- Paaluluettelo ja paalupiirustus,
- perustuksien mittapiirustus,
- anturoiden ja muiden perustuksien tyyppipiirustukset,
- alapohjan mittapiirustus,
- tasojen mittapiirustukset,
- yleisleikkauspiirustukset,
- elementtikaaviot,
- VSS-mittapiirustus,
- mallielementtipiirustukset,
- mallikokoonpanopiirustukset sekä
- teräsrakenteiden määrä- ja massaluettelo.

(buildingSMART 2012)

### 3.5.3 Tietomallipohjainen reikä- ja varaussuunnittelu

Vaatimuksena YTV 2012 antaa tietomallipohjaiselle reikä- ja varaussuunnittelulle sekä tietomallistatehtävien reikäpiirustuksille sen, että niiden tekeminen ja vastuut pitää aina sopia projektikohtaisesti. Rakennesuunnittelijan malli yhdistettynä TATE järjestelmämalliin ja tarvittaessa myös arkkitehdin rakennusosamalliin, helpottaa läpivientien paikantamista ja siten myös suunnittelua. Rakennesuunnittelija tuottaa rakennuksen ja sen rakenteiden mallin sovitussa formaatissa TATE-suunnittelijalle varaussuunnittelua varten. Malli tuotetaan kerroskohtaisena, sisältäen yläpuolisen laataston ja siihen liittyvät kantavat seinät. Vastaavasti myöhemmin TATE-suunnittelija toimittaa tehtyään IFC-pohjaisen varausmallin rakennesuunnittelijalle kerroskohtaisena. Kuvassa (Kuva 14) on esitetty TATE-suunnittelijan rakennesuunnittelijan tietomalliin tuoma IFC-reikävarausobjekti yksittäisessä seinäelementissä. Varaukset on mallinnettu siten, että niiden koko ja sijainti ovat oikeat. Varausobjekteista pitää ilmetä, kenen varaamia ne ovat. Varauksen koko ja tunnistetiedot liitetään attribuutteina varausobjektiin. Visuaalisuuden kannalta ohjeistetaan, että varausobjektit mallinnetaan paksumpina kuin läpäistävät rakenteet. Näiden varausobjektien perusteella rakennesuunnittelija tekee rakenteisiin rei'itykset ja muut varaukset, mikäli se on rakenteellisesti mahdollista. Rakennesuunnittelijan informoitava TATE-suunnittelijaa, jos reiän teko on rakenteellisesti mahdotonta, jolloin TATE suunnittelija tekee ehdotusten perusteella uuden version varauksista. Elementtien varauspiirustuksia tehtäessä tietomallipohjaista reikävaraussuunnittelua ei vaadita sähkötekniikan putkitusten, rasioiden kokousten tai muiden vastaavien elementissä kulkevien reittien osalta vaan ne esitetään rakennesuunnittelijalle perinteisin suunnittelumenetelmin. Vain elementin kokonaan lävistävät varaukset tulee toimittaa reikävarausobjekteina. (Betoniteollisuus ry 2014, Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö 1991, buildingSMART 2012)



Kuva 14 TATE-suunnittelijan IFC-varausobjekti tuotuna rakennesuunnittelijan malliin. (buildingSMART 2012)



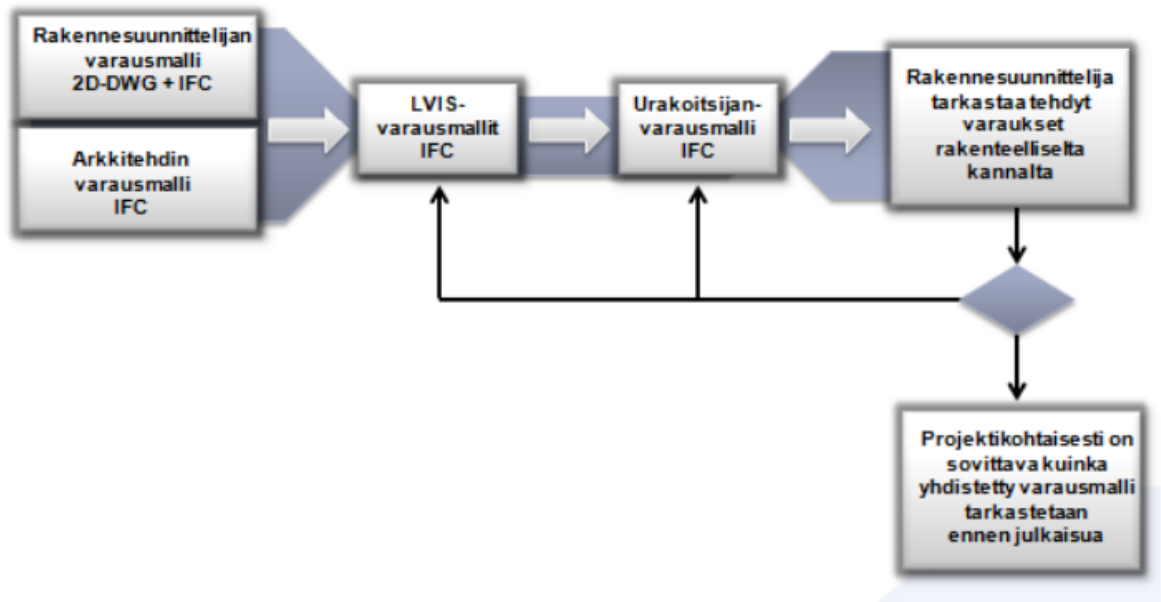
### 3.5.4 Reikäpiirustusten tekoprosessi

YTV 2012 mukaan käytettäessä tietomallipohjaista reikä- ja varaussuunnittelua tulee reikäpiirustuksien teko, vastuualueet ja toimintatavat RAK ja TATE-suunnittelun välillä sopia projektikohtaisesti. Tämän lisäksi on varmistettava, että rakenne- ja TATE suunnittelijoiden käytössä olevat sovellusohjelmistot ovat yhteensopivia. 2D-reikäpiirustusdokumenttien laatija tulisi olla selvitettyä tilaajan puolelta jo suunnittelu-sopimusten teon yhteydessä. YTV 2012 esittelee 3 eri toimintatapaa, joita voidaan har-kita käytettäväksi, kun kohteessa tarvitaan 2D-reikäpiirustuksia. Toiminta tavat on esi-telty seuraavassa taulukossa (Taulukko 7). (Betoniteollisuus ry 2014; Suomen Betonite-ollisuuden Keskusjärjestö 1991, buildingSMART 2012)

**Taulukko 7 Reikäpiirustusten tekemisen toimintatavat (buildingSMART 2012).**

<b>Ohje</b>
Tietomallipohjaista reikä- ja varaussuunnittelua voidaan hyödyntää erilaisin tavoin 2D-Reikäpiirustuksien teossa.
Näitä toimitapoja tai niiden variaatioita voidaan harkita käytettäväksi kun kohteessa tarvitaan 2D-reikäpiirustuksia. Kaikissa toimintatavoissa lähtökohtana on kohdan YTV 2012 osion 5. Rakennesuunnittelu kohdan 5.4.1 mukainen toiminta.
<b>Vaihtoehto 1.</b>
Rakennesuunnittelija toimittaa TATE:lle 2D- ja 3D-reikäpiiruspohjat.
TATE käyttää tekemiään reikävarausobjektejaTATE käyttää tekemiään reikävarausobjekteja hyödyksi ja tekee niiden
Reikävaraukset mitoitetaan ensisijaisesti moduli verkkoon tai toisena vaihtoehtona saneerauskohteissa olemassa oleviin rakenteisiin.
2D-reikävaraustiedostot toimitetaan rakennesuunnittelijalle.
Rakennesuunnittelija tekee tulosteet ja toimittaa reikäkuvat jakeluun.
<b>Vaihtoehto 2.</b>
Rakennesuunnittelija toimittaa TATE:lle 3D-reikäpiirustuspohjat, kerroskohtaisena absoluutisessa korkeusasemassa.
TATE tekee reikävarausobjektit toimitetun mallin korkeusasemaan sekä
Rakennesuunnittelija tekee TATE:n toimittamien reikävarausobjektien
<b>Vaihtoehto 3.</b>
Rakennesuunnittelija toimittaa TATE:lle 3D-reikäpiirustuspohjat, kerroskohtaisena, absoluutisessa korossa.
TATE tekee reikävarausobjektit toimitetun mallin korkoasemaan sekä toimittaa tekemänsä reikävarausobjektit rakennesuunnittelijalle IFC-formaattisena.
Rakennesuunnittelija tekee 2D-reikäkuvapohjat, joissa näkyvät TATE:n toimittamat reikävaraukset.
Rakennesuunnittelija laittaa kuviin reikävarausten tietojen mittaviivan (esim. "IU, 300x200, KP=+25.3"). Tämä tieto on otettu TATE:n toimittamista reikävarausobjekteista
Rakennesuunnittelija tekee tähän 2D –kuvaan mitoitusviivatason eri suunnittelualoille sillä värillä, jolla he haluavat mitoitusviivat tulostuvan (=viivan paksuus mustavalkotulosteeessa).
Rakennesuunnittelija toimittaa 2D-reikäkuvapohjat TATE:lle.
TATE – tekee mitoitusviivat rakennesuunnittelijan tekemälle tasolle käyttäen CAD-ohjelmiston normaaleja mittaviivatyökaluja.
Reikävaraukset mitoitetaan ensisijaisesti moduli verkkoon tai toisena vaihtoehtona saneerauskohteissa olemassa oleviin rakenteisiin.
Mittaviivoilla varustetut 2D-reikävaraustiedostot toimitetaan rakennesuunnittelijalle.
Rakennesuunnittelija tekee tulosteet ja toimittaa reikäkuvat jakeluun.

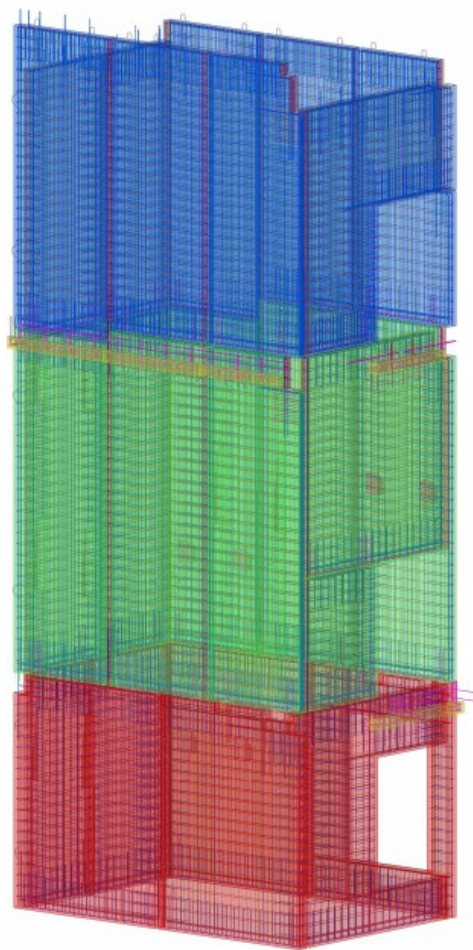
Pöyryllä käytettävissä oleva reikä- ja varauskierto on esitetty kuvassa (Kuva 10). Tämä vastaa YTV 2012 esittelemistä vaihtoehtoista eniten vaihtoehtoa 1, jossa rakennesuunnittelija toimittaa pohjat TATE pohjat reikäpiirustuksia varten joihin TATE mitoittaa varaukset moduuliverkkoon sidottuina. TATE-suunnittelija toimittaa reikävaraukset IFC-muodossa rakennesuunnittelijalle, joka tarkastaa varaukset rakenteelliselta kannalta ja tarvittaessa palauttaa korjattavaksi tai luo piirustukset rakenteista ja toimittaa kuvat jakeluun.



Kuva 15 Reikä- ja varauskierto toteutussuunnitteluvaiheessa. (Eklund 2011)

### 3.5.5 Toteutussuunnittelu

Tietomallin rakennemallin sisältö ja laajuus toteutussuunnitteluvaiheessa määräytyvät rakennesuunnittelijan sovittujen tehtävien laajuudesta. YTV 2012:n mukaan, jos suunnittelusopimuksessa ei ole muuta sovittu ja rakennesuunnittelija on projektissa myös elementti- ja/tai konepajasuunnittelijana, tulee kaikki elementit ja/tai kokoonpanot mallintaa samaan tarkkuuteen kuin edellisen suunnitteluvaiheen mallielementit ja/tai kokoonpanot. Jos taas kyseinen suunnittelu tapahtuu muiden kuin rakennesuunnittelijan toimesta, rakennesuunnittelijan tulee jatkaa mallin kehittämistä muiden rakenteiden osalta. Kun elementti- ja/tai konepajasuunnittelu ja rakennesuunnittelu on jaettu eri osapuolille, tulee eri rakennesuunnittelijoiden yhteistyöstä, mallien jakamisesta ja yhteensovittamisesta sopia projektikohtaisesti. Kuvassa (Kuva 16) on esitetty kohdassa 3.5.2 esitetyn porrashuone-elementin mallinnustarkkuus toteutussuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa porrashuoneen jokainen elementti ja elementtien saumat on raudoitettu malliin. (buildingSMART 2012)



**Kuva 16 Toteutussuunnittelu vaiheessa porrashuoneen jokainen elementti on raudoitettu. (buildingSMART 2012)**

Toteutussuunnittelun yleisiä YTV 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” mukaan arkkitehteiltä ovat IFC-malli osion 3 ”Arkkitehtisuunnittelu” mukaisesti, mallista tulostetut 2D-piirustukset sovitussa tiedostomuodossa sekä detaljit. TATE-suunnittelijoilta vaadittavia lähtötietoja rakennesuunnittelijalle ovat IFC-malli osion 4 ”Taloteknisen suunnittelun” mukaisesti ja IFC-varausmalli.

Rakennesuunnittelijan tietomallivaatimuksia ovat:

- Mallinnus YTV 2012 mallinnusliitteen 1 ”Rakennemallin sisältö” mukaisesti tai hankkeessa muuten päätetyn määrittelyn mukaisesti
- Laadunvarmistus YTV 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” yleisten määrittelyjen ja YTV 2012 osion 6 ”Laadunvarmistus” mukaisesti
- IFC tulostus YTV 2012 osion 5 ”Rakennesuunnittelu” yleisten määrittelyjen ja osion 6 ”Laadunvarmistus” mukaisesti
- Tietomalliselostuksen täyttö
- Mallista tulostettavien piirustuksien laadinta tilaajan tai yleisten ohjeiden mukaisesti

Mallista saatavia hyötyjä toteutussuunnitteluvaiheessa ovat:

- Suunnittelun havainnollistaminen
- Määrälaskenta
- Suunnitelmien yhteensovittaminen
- Työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu
- Rakentamisaikataulun ja toteutumatilanteen esittäminen ja havainnollistaminen
- Asennus- ja työjärjestysten suunnittelu

Mallista saatavat tulosteet toteutussuunnittelun vaiheessa ovat:

- Paalutuksen toteutumapiirustus
- Perustuksen mittapiirustus
- VSS mittapiirustus
- Paikallavalujen rakenteiden mittapiirustukset

Lisäksi mallista saatavia projektikohtaisesti päätettäviä tulosteita ovat:

- Perustuksen raudoituspiirustus
- VSS raudoituspiirustus
- Paikallavalurakenteiden raudoituspiirustus
- Paikallavalurakenteiden raudoituspiirustukset
- Paikallavalurakenteiden raudoitusluettelot

(buildingSMART 2012)

## 4 Rakennesuunnittelun asiakirjat

Kappaleissa 4.1-4.6 käydään läpi elementtirakennesuunnitteluun liittyvien piirustuksien ja raporttien suomen standardoimisliiton (SFS) SFS-EN ISO -standardien ja Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohjeistettua sisältöä. Rakennesuunnittelun asiakirjojen ja dokumenttien vaatimukset asettaa tilaaja. Usein tilaaja vaatii voimassaolevien standardien noudattamista. Tilaajan kanssa voidaan sopia käytettävien mitoitus- ja suunnittelu-perusteiden käytöstä. Olemassa olevia ohjeistuksia, kuten esimerkiksi RIL:n ohjeet, voidaan käyttää rakennesuunnittelussa, jos tilaajan kanssa ei ole muusta sovittu. SFS-EN ISO standardit määrittelevät yleiset säännöt elementtirakenteiden piirustuksille, joita RIL:in ohje tarkentaa ja täydentää. Nämä standardit ja ohjeistukset luovat omalta osaltaan pohjan koko tietomallipohjaiselle rakennesuunnittelulle, sillä kaikkien tulostettavien dokumenttien tulee olla näiden ohjeistuksien mukaisia.

### 4.1 Suunnitteluasiakirjat ja niihin kohdistuvia vaatimuksia

Rakennesuunnittelun tuottamaan asiakirjakokonaisuuteen kuuluvat kirjalliset asiakirjat (työselostukset, selvitykset jne.), piirustukset, luettelot ja laskelmat. Suunnitteluasiakirjojen laadintaan ja sisältöön vaikuttavat lait, asetukset, viranomaismääräykset ja -ohjeet, rakennusvalvontaviranomaisten ohjeet, yleiset standardit (EN, SFS) ja ohjeet sekä materiaali- ja tuotekohtaiset suunnitteluohjeet. Kohteen suunnittelun edetessä tiedon määrä ja tarkkuus kasvavat. Suunnittelussa ja asiakirjoja laadittaessa ja päivitettäessä on pidettävä huolta suunnitteluasiakirjojen selkeydestä ja käyttötarkoitukseen sopivuudesta. Asiakirjoissa esitettävien asioiden ja tietojen on oltava yksiselitteisiä ja asiakirjat eivät ole ristiriitaisia eivätkä sisällä turhaa tietoa. On otettava huomioon, että asiakirjojen sisältö ja tarkkuus vastaavat rakennusprosessin ko. vaiheen ja tiedon käyttäjien tarpeita ja vaatimuksia. Asiakirjojen tulee olla tulostettu ko. tarvetta varten käyttökelpoiseen kokoon ja asiakirjat on tarkastettu ja hyväksytty sovitun menettelyn mukaisesti. Jos asiakirjoissa esiintyy ristiriitaisuuksia, asiakirjoista pätevin on yleensä työselostus. Seuraavaksi pätevin on määräluettelo ja viimeiseksi piirustus. (RIL 229-1 2013)

Ensisijainen Suomessa käytettävä suunnittelujärjestelmä on eurooppalaiset suunnittelu-standardit eli Eurokoodit. Suomessa käytettävistä suunnittelumenettelyistä kantavien rakenteiden osalta määrätään ympäristöministeriön asetuksessa kantavista rakenteista ja asetuksessa pohjarakenteista. Eurokoodien ja niitä koskevien ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten liitteiden mukaisesti suunnittelussa, kaikki olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät. Valvontaviranomainen voi kuitenkin perustelluista syistä kohdekohtaisesti hyväksyä käytettäväksi myös muita järjestelmiä. Näiden käyttö edellyttää, että ne on hyväksytty ennen suunnittelun käyttämistä ja olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät. Rakentamismääräyskokoelmasta löytyy rakentamista koskevia määräyksiä, ohjeita ja opastavaa tietoa. Suunnittelun sisältöön vaikuttaa myös oleellisesti mm. tuotehyväksyntämenettely sekä toteutus- ja tuotestandardit. Eurokoodeilla suunniteltaessa käytetään toteutusohjeina eurokoodijärjestelmän kanssa yhteensopivia toteutusstandardeja, joista esimerkkinä standardit betonirakenteiden toteutukselle SFS-EN 13670 ja sen käyttöön liittyvät kansalliset ohjeet SFS 5975 sekä betonin valmistusta koskeva standardi SFS-EN 206-1 ja kansallinen soveltamisstandardi SFS 7022. (RIL 229-1 2013)

## **4.2 ISO-standardit betonielementtirakentamisen piirustuksissa**

The International Organization for Standardization (ISO) on maailmanlaajuinen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto. ISON tekniset komiteat valmistelevat ISO-standardit ISO/IEC:n sääntöjä. Betonielementtirakenteiden suunnittelua ja dokumentointia käsittelevät eurooppalaiset EN ISO 4172:1996, 7200:2004 ja 7437:1996 standardit. (Suomen Standardoimisliitto 2017, SFS-EN 4172 1996)

ISO 4172 standardi määrittelee yleiset säännöt työmaalla asennettavien elementtirakenteiden asennuspiirustuksille. Elementtipiirustuksien dokumentoinnin tulisi sisältää:

- Sijainti-/mittapiirustuksen,
- detailjiirustuksen,
- komponentin aikataulun ja
- tarvittavat lisämäärittelyt ja listat lisävarusteista sekä erityiset kuljetusvaatimukset.

(SFS-EN ISO 4172 1996)

ISO 7437 standardi määrittelee yleiset säännöt elementtirakenteiden toteutus- ja valmistuspiirustuksille. Esivalmistettujen rakenneosien piirustuksien tulee määritellä osien koostumus ja muoto. Komponentit tulee mitoittaa ja niiden kaikki valmistuksessa, tarkastuksessa ja jatkokäsittelyssä tarvittavat tiedot tulee esittää piirustuksissa. Näitä tarvittavia tietoja ovat esimerkiksi:

- komponenttien nimitiedot,
- raudoitukset,
- pintojen vaatimukset,
- sisäänrakennetut osat, reiät, syvennykset ja urat,
- varaus muotista helpolle poistamiselle ja
- turvalaitteet nostamista ja varaukset käsittelylle, kuljetukselle ja varastoinnille.

Valmistuspiirustukset toteutetaan asiaankuuluvan kansainvälisen standardin mukaan ja paperikoot valitaan ISO 5457 standardin mukaisesti. Valmistuspiirustuksien suositellut mittakaavat ovat ISO 5455 standardin mukaan päänäkyville 1:50, 1:20, 1:10 sekä detailjeille 1:20, 1:10, 1:5, 1:2 ja 1:1. Näkymät ja leikkaukset tulee esittää ISO 128 mukaisilla referenssinuolilla ja mitoituksessa suositellaan käytettäväksi yleistä origoa. Ympyränmuotoiset syvennykset ja kolot tulee mitoittaa niiden keskiviivasta ja neliskulmaiset niiden reunoista. Yleiset toleranssit annetaan usein teknisissä tiedoissa. Jos tarpeellista, ne osoitetaan asiaankuuluvien merkein ISO 6284 standardin mukaan. (SFS-EN ISO 7437 1990)

ISO 7200 standardi määrittelee otsikkotauluissa ja teknisten asiakirjojen otsikoissa käytettävät tietokentät sekä käsintehdyssä, että tietokonepohjaisessa suunnittelussa. ISO 7200 standardin tarkoituksena on varmistaa, että asiakirjat ovat yhteensopivia ja siten helpottaa asiakirjojen vaihtoa. Asiakirjahallintajärjestelmiä käytettäessä on pidettävä huoli, että tiedot on syötetty oikeaan tietokenttään ja oikealla tavalla, jotta järjestelmän toiminnot toimisivat tyydyttävällä tavalla. Otsikkoalueen sijoittelussa on esitetty standardissa ISO 5457. Otsikkoalueen tietokentät voidaan jakaa:

- Tunnisteiden tietokenttään,
- kuvaileviin tietokenttiin ja
- hallinnollisiin tietokenttiin. (SFS-EN ISO 7200 2004)

Nämä standardit ovat vahvistettu suomalaisiksi kansallisiksi standardeiksi ja ne määrittelevät piirustuksien ja dokumenttien sisältöä. Näiden standardien pohjalta on tehty tarkempia ohjeistuksia, joista tässä tutkielmassa on vertailukohteena käytetty Suomen Rakennusinsinöörien Liiton rakennesuunnittelun asiakirjaohjetta RIL 229-1 2013. Tämän työn liitteistä löytyy kooste edellä mainittujen standardien määrittelemistä tietosisällöt.

### **4.3 Tuotehyväksyntä ja CE-merkintä**

Tietomallissa pystytään lisäämään suunnitelluille objekteille tuotehyväksyntöjen ja CE-merkintöjen tietoja. Tietomallista pystytään siten tarkastelemaan myös elementtien suunnittelussa ja valmistuksessa noudatettuja standardeja. Perusstandardi betonivalmisosille on EN 13369 ”Betonivalmisosien yleiset säännöt”. EN 13369 viittaa eurokoodeihin ja betonistandardiin EN 206-1. Tästä standardista löytyy kaikille tavanomaisille betonivalmisosille yhteiset säännöt. Harmonisoidut tuotestandardit sisältävät tuotekohdaiset täydentävät säännöt ja liitteen ZA, jossa on kyseisen tuotteen CE-merkintää koskevat säännöt. (Elementtisuunnittelu.fi 2013, Ympäristöministeriö 2017)

Rakennustuotteiden kaksi päämenettelyä ovat CE-merkinnät ja hyväksyntä kansallisten hyväksyntämenettelyiden kautta. EU:n Rakennustuoteasetuksessa 305/2011 määritellään tuotteita ja niiden valmistamista koskevia asioita. Seuraavaksi muutama esimerkki määritelmistä:

- Rakennustuote on tuote tai tuotejärjestelmä, joka valmistetaan ja saatetaan markkinoille käytettäväksi pysyvinä osina rakennuskohteissa tai niiden osissa ja jonka suoritustaso vaikuttaa rakennuskohteen suoritustasoon rakennuskohteen perusvaatimusten osalta.
- Rakennuskohde tarkoittaa sekä rakennuksia, että maa- ja vesirakennuskohteita.
- Valmistaja on luonnollinen tai oikeushenkilö, joka valmistaa tai antaa suunnitella tai valmistaa rakennustuotetta ja markkinoi sitä omalla nimellään tai tavaramerkillään.
- Jakelija on toimitusketjuun kuuluva luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, ei kuitenkaan valmistaja tai maahantuoja, joka asettaa rakennustuotteen saataville markkinoilla.
- Maahantuoja on unioniin sijoittunut luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, joka saattaa kolmannesta maasta tuodun rakennustuotteen unionin markkinoille. Markkinoille saattaminen tarkoittaa rakennustuotteen asettamista ensimmäistä kertaa saataville unionin markkinoilla. (RIL 229-1 2013)

CE-merkintä on pääasiallinen tapa rakennustuotteen tuotehyväksynnälle. Rakennustuotteiden CE-merkintä on ollut pakollista 1.7.2013 alkaen niiden rakennustuotteiden osalta, joille on olemassa harmonisoitu eurooppalainen tuotestandardi (hEN), jonka siirtymäaika on päättynyt. CE-merkintää edellytetään myös tuotteilta, joille on myönnetty eurooppalainen teknillinen arviointi (ETA), joka on yritys- ja tuotekohtainen. Suomessa on käytössä myös kansallinen vaatimusstandardi (NAS), jossa esitetään mm. Suomessa käytettävät kansalliset vaatimustasot ko. tuotteille silloin, kun ne esimerkiksi poikkeavat yleisistä eurooppalaisista vaatimustasoista tai kyseistä vaatimusta ei ole mainittu tuotestandardeissa ollenkaan. Poikkeuksellisesti tuotteiden CE-merkintää ei tarvita, jos tuote on valmistettu tilauksesta tiettyyn kohteeseen muuten kuin sarjatuotantona ja joiden kiinnittämisestä rakennuskohteeseen vastaa valmistaja. Vastaavasti jos tuote valmistetaan rakennuspaikalla ja tuotteen kiinnittämisestä vastaa valmistaja ei CE-merkintää tarvita. Myös niissä tapauksissa CE-merkintä ei ole välttämätön, kun kyseessä on historialliseen korjausrakennuskohteeseen perinteiseen tapaan valmistettu tuote. Joillekin tuotteille ei vaadita CE -merkintää. Näille tuotteille valmistaja voi osoittaa tuotteen tekniset ominaisuudet Suomessa erikseen hyväksytyjen menettelyjen kautta. Näitä menettelyjä ovat ympäristöministeriön asetuksina annettavien tyyppihyväksyntäasetuksiin perustuva tyyppihyväksyntä, varmennustodistus, valmistuksen laadunvalvonnan varmentaminen ja varmentaminen rakennuspaikkakohtaisesti. Taulukossa (Taulukko 8) on esitetty betonielementtien CE-merkintöihin liittyvät betonituotestandardit. (RIL 229-1 2013, Ympäristöministeriö 2017)

**Taulukko 8 Betonituotestandardit taulukoituna. (Elementtisuunnittelu.fi 2013)**

Tuote	Standardi	Huom.
Ontelolaatat	SFS-EN 1168	Sisältää myös märkätilojen kololaatat
Maatalouden rakolattaelementit	SFS-EN 12737	
Perustuspaalut	SFS-EN 12794	Teräsbetoniset ja jännitetyt
Mastot ja pylväät	SFS-EN 12843	
Ripalaattaelementit	SFS-EN 13224	Esim. TT- ja HTT- laatat
Pilari- ja palkkielementit	SFS- EN 13225	
Kuorilaatat	SFS-EN 13747	
Portaat	SFS-EN 14843	
Kanaalaelementit	SFS-EN 14844	
Perustuselementit	SFS-EN 14991	Antura- ja holkkielementit, pilari+anturayhdistelmät
Seinäelementit	SFS-EN 14992	
Siltaelementit	SFS-EN 15050	Lähinnä kansirakenteen elementit
Tukimuurielementit	SFS-EN 15258	
Betonikattotiilet	SFS-EN 490	
Betoniputket	SFS-EN 1916	
Betoniset miesluukut ja tarkastuskaivot	SFS-EN 1917	Sade- ja jätevesiviemäreiden tarkastuskaivot
Päällystekivet	SFS-EN 138	
Pihalaatat	SFS-EN 1339	
Reunakivet	SFS-EN 1340	
Muottiharkot	SFS-EN 15435	
Kevytsorabetoniharkot	SFS-EN 1520	
Mosaiikkibetonilaatat	SFS-EN 13748-1 ja -2	



CE-merkittyjen tuotteiden suunnittelussa käytetään eurokoodeja riippuen kantavan rakennustuotteen CE-merkintämenetelmästä. Tuotteen suunnittelussa on käytettävä eurokoodeja ja niihin liittyviä kansallisia liitteitä silloin, kun tuotteen mitoitus kuuluu CE-merkintään ja siten myös valmistajan toimitukseen. Jos taas tuotteen mitoitus ei kuulu CE-merkintään, tuotteen suunnittelu tehdään kohdemaassa hyväksytyllä mitoitusmenetelmällä. Suomessa tämä tarkoittaa ensisijaisesti eurokoodeja. Suunnitelmissa on ilmoitettava vaadittava tekninen vaatimustaso tuotteille kyseenomaisessa kohteessa. Suunnitelmissa tulee ottaa huomioon kansallisessa soveltamisasiakirjassa (NAS) esitetyt seikat ja tuotteen on oltava näiden mukainen. Valmistaja ilmoittaa tuotestandardin edellyttämät arvot tuotteilleen suoritustasovaatimuksessa (DoP = Declaration of Performance). CE-merkintää tai suoritustasoilmoitusta on verrattava suunnitelma-asiakirjoissa esitettyihin vaatimuksiin, sillä ne eivät itsessään varmista, että tuote on kohteen vaatimusten mukainen. Tuotteen käyttäjä voi valita kohteeseen asianmukaiset tuotehyväksynät ja asetetut vaatimukset täyttäviä tuotteita. (RIL 229-1 2013, Ympäristöministeriö 2017)

CE-merkinnän piiriin voi joillakin tuotteilla kuulua myös suunnittelu. Tällöin tuotteen suunnittelussa on otettava huomioon standardien vaatimukset ja muut kohteelle esitetyt olennaiset tekniset vaatimukset. Suunnittelijan on mahdollista määritellä suunnitelmiaan vaatimuksina suoraan tuotenimikkeitä. Tällöin suunnittelijan on oltava varma, että kyseisellä tuotenimellä on olemassa asianmukaiset tuotehyväksynät. Kaikkia rakennusalan tuotteita ei ole CE-hyväksytty, vaan niillä voi olla olemassa harmonisoitu tuotestandardi. Jos harmonisoidun tuotestandardin piiriin kuuluvalla tuotteella on voimassa oleva tyyppihyväksyntä, varmennettu käyttöseloste tms. CE-merkintä tuotteelle tarvitaan vasta aiemman voimassaoloajan päättymisen jälkeen. Tuotteiden CE-merkinnän vaatimus tulee rakennustuoteasetuksen kautta, eikä suunnittelija voi vaatia sitä. (RIL 229-1 2013, Ympäristöministeriö 2017)

Rakennetuotteiden hyväksyntöihin liittyvät vastuut ja tehtävät jakautuvat rakennushankkeeseen ryhtyvälle, vastaavalle rakennesuunnittelijalle, osakokoisuuden suunnittelijalle, urakoitsijalle/työmaalle, hankinnalle, tuotevalmistajalle, tavaran toimittajalle/maahantuojalle/jakelijalle, tuoteosan suunnittelijalle, rakennusvalvonnalle ja hyväksytylle testauslaitokselle. Vastaavan rakennesuunnittelijan vastuulla on ilmoittaa suunnitteluasiakirjoissa olennaiset vaatimustasot kohteessa käytettäville turvallisuuden ja terveellisuuden kannalta olennaisimmille rakennustuotteille. Vastaava rakennesuunnittelija huolehtii, että erillistehtävinä laaditut suunnitelmat muodostavat keskenään toimivan kokonaisuuden ja, että Suomen kansallisia liitteitä on käytetty, kun CE-merkintä kattaa kantavuuden mitoituksen. Vastaavan rakennesuunnittelijan vastuulla on toimittaa riittävät lähtötiedot kantavien rakennustuotteiden suunnittelijoille. Vastaavan rakennesuunnittelijan on saatava pyytämättä käyttöönsä olennaiset CE-merkittyjen kantavien tuotteiden mitoituslaskelmat tuoteosasuunnittelijoilta ja huolehdittava, että suunnitelmissa on käytetty Suomen kansallisia liitteitä silloin, kun hankittujen tuotteiden CE-merkintä kattaa kohdekohtaista suunnittelua. Normaalisti, jos ei ole tehty erillistä sopimusta, vastaavan rakennesuunnittelijan tehtäviin ei kuulu ulkomaankielisten tuotodokumenttien kääntäminen suomeksi, muiden suunnittelijoiden pätevyyksien selvittäminen eikä tuotehyväksyntöihin mahdollisesti liittyvien puutteellisten asiakirjojen selvittely tai täydentäminen. (RIL 229-1 2013, Ympäristöministeriö 2017)

Osakokonaisuuden suunnittelija huolehtii, että kyseiseen osakokonaisuuteen kuuluvien tuotteiden olennaiset tekniset ominaisuudet on määritelty, että suunnitelmiin kauppamerkkeinä ilmoitetuilla tuotteilla on CE-merkintä tai kansallisen menettelyn mukainen hyväksyntä. Ilman erillistä sopimusta osakokonaisuuden suunnittelijan tehtäviin ei kuulu hankinnan avustaminen sopivan tuotteen valintaan eikä vaihtoehtoisten tuotteiden selvittäminen. Tuoteosan suunnittelijan vastuulla on toimittaa määräysten mukaiset suunnitelmat vastaavalle rakennesuunnittelijalle ennen tuotteiden toteutusta tai valmistusta silloin, kun CE-merkintään liittyy tuotteen suunnittelu valmistajalla. Tuoteosan suunnittelija valitsee tuoteosissa käytettävät CE-merkityt tuotteet esim. tietyn suoritus-tason täyttävinä. (RIL 229-1 2013, Ympäristöministeriö 2017)

#### **4.4 Betonielementtirakenteiden työselostus ja muut asiakirjat**

Rakennesuunnittelija laati yhteistyössä muiden rakennusprojektiin osallistuvien kanssa useita eri tekstiasiakirjoja. Lisäksi rakennesuunnittelija laatii itsenäisesti materiaalikoh-taiset runkotyöselostukset sekä runkoa täydentävien rakenteiden työselostukset. Seuraa-vaksi esitetään lyhyesti työselostus, rakennustapaselostus ja rakennusselostus.

Työselostus on asiakirja, joka kokoaa yhteen piirustuksissa esitetyn kokonaisuuden. Työselostus laaditaan piirustuksien kanssa toisiaan täydentäväksi kokonaisuudeksi, si-ten että suunnitelmien sisältö on selkeä ja ristiriidaton. Työselostuksessa ja piirustuksis-sa pyritään välttämään samojen vaatimuksien ja asioiden esittämistä. Tavoitteena on, että asiat esitetään vain yhden kerran projektia koskevissa dokumenteissa käyttäen viit-tauksia tarvittaessa. Työselostuksia laadittaessa tulee ottaa huomioon, että ristiriitai-suuksia löydettyäessä työselostukset priorisoidaan urakkasopimuksissa piirustusten edel-le. Työselostuksien tulee olla selkeitä, yksiselitteisiä, kattavia ja ytimekkäitä. Työselos-tuksessa ei esitetä urakoitsijoiden keskinäisiä velvoitteita, vastaanotto- ja jälkitarkas-tusmenettelyjä, varauspiirustusohjeita ja osittain takuita koskevia määräyksiä, vaan ne on sisällytetty urakkarajaohjelmiin ja urakkarajaliitteisiin. Urakkarajojen tarkennukset esitetään piirustuksissa ja jos työselostusta laadittaessa törmätään urakkarajaongelmiin, niistä informoidaan eri osapuolille, jotta rajojen täsmennyksistä ja esivalmisteluista voi-daan sopia. (RIL 229-1 2013)

Rakennustapaselostus on kohteen yleissuunnitteluvaiheen rakennus- ja taloteknistä to-teutumista yleissuunnitteluvaiheen vaatimalla tarkkuudella kuvaava asiakirja. Raken-nustapaselostusta käytetään apuvälineenä mm. kustannusohjauksessa, projektin päätök-senteossa sekä hankkeen markkinoinnissa. Rakennustapaselostuksessa esitetään kohteen yleistiedot ja laajuus, eri osapuolien yhteystiedot, aluerakenteet, pohjarakenteet, perus-tukset, rakennusrunko, julkisivu, yläpohjarakenteet, täydentävät rakennusosat, sisäpin-nat, rakennusvarusteet, siirtolaitteet ja talotekniikka. Rakennustapaselostus laaditaan yhteistyössä eri suunnittelijoiden kesken ja rakennesuunnittelija täydentää kantavien rakenteiden tiedot. (RIL 229-1 2013)

Rakennusselostus on tärkeä osa hankkeen urakkalaskenta-asiakirjoja ja se on aina han-kekohtainen asiakirja. Rakennusselostus toimii myös rakennustyön toteutuksen ohjeena, valvonta-asiakirjana ja toteutussuunnittelun suunnitteluohjeena. Rakennusselostus laadi-taan siten, että se muodostaa yhdessä muiden kohteen asiakirjojen kanssa yhteensopivan kokonaisuuden. Rakennusselostuksessa kuvataan suoritettavat työt ja yksilöidään ra-kennuskohteen rakennustekninen laatu. Rakennuskohteen laadulliset ominaisuudet, joita ei piirustuksissa ole täsmällisesti esitettävissä, sisällytetään rakennusselostukseen ja sitä voidaan täydentää erillisillä työselostuksilla tai projektieritelmillä.

Rakenneselostuksessa tulee olla kootusti esitetty suunnittelijoiden yhteystiedot ja pätevyudet Rakenneselostus laaditaan käyttäen viittauksia yleisiin laatua ja toteutusta määritteleviin julkaisuihin kuten esim. RIL- ja RYL-ohjeet. Rakennesuunnittelija osallistuu pääasiassa kaivantojen ja täyttöjen, kuivausrakenteiden, tuentojen ja vahvistuksien, purettavien rakenteiden, perustuksien ja alapohjien, runko, julkisivu, ulkotaso, vesikatto ja tarvittaessa täydentävien rakenteiden koskevien lukujen laatimiseen rakennusselostuksessa. (RIL 229-1 2013)

Runkotyöselostuksissa kuvataan suoritettavat työt, laatuvaatimukset ja erityisesti laadulliset ominaisuudet, joita ei piirustuksissa ole täsmällisesti esitettävissä. Perinteistä runkotyöselostusta korvaamaan on kehitetty tiiviimpiä ja helppokäyttöisempiä projektieritelmämalleja. Projektieritelmämallit käsittelevät pääasian samoja asioita kuin työselostukset, mutta kohdistuvat yksittäisiin rakenteisiin esim. puu-, teräs-, tai betonirakenteisiin. (RIL 229-1 2013)

Betonielementtirakenteiden työselostuksessa on kaikkien työselostusten tapaan esitettävä kohteen yleistiedot, mm. kohteen esittely, projektiin osallistujien yhteystiedot, noudatettavat määräykset ja asiakirjat, suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset sekä kohteen suunnittelukäyttöikä. Työselostuksessa esitetään myös kohteen suunnittelun erityisvaatimukset, työn laajuus riittävällä tarkkuudella ja urakoitsijalta velvoitetut toimitukseen liittyvät asiapaperit. Mikäli urakkaan liittyy suunnittelutehtäviä, on ne aina esitettävä selostuksessa. Tuoteosien suunnittelijoilta vaadittavat pätevyudet sisällytetään myös työselostukseen. Näiden yleisten asioiden lisäksi betonielementtirakenteiden työselostuksessa esittäviä asioita ovat työn laajuus, rakennejärjestelmä, elementtirakenteiden suunnittelu, mittatarkkuus, yleiset materiaalivaatimukset, käyttöikämitoituksen perusteet, elementit ja niiden valmistus, elementtien toimitus, elementtien asennus, elementtien saumaus sekä jälki- ja viimeistelytyöt. Elementtitoimituksen laajuuden selvittämiseksi mainitaan elementtityypit, joita ko. työselostus koskee. Rakennejärjestelmässä kuvataan rakennuksen perustamistapa, runkorakenne ja rungon staattinen toimintaperiaate. Elementtirakenteiden kuormien osalta viitataan noudatettaviin ohjeisiin ja määräyksiin. Elementtirakenteiden suunnittelun tehtävänjako esitetään joko urakkaohjelmassa tai työselostuksessa. Mikäli urakkaan sisältyy suunnittelutehtäviä, tulee niistä selvyiden vuoksi aina mainita työselostuksessa. Lisäksi esitetään elementtirakenteiden suunnitteluun liittyvät erityisohjeet ja käyttöikämitoituksen asettamat vaatimukset. Mittatarkkuudessa annetaan mittatarkkuusvaatimukset paikallavaletuille rakenteille elementtien liittymäkohdissa ja elementtien osalta määrätään mittatarkkuusluokka ja toleransseja koskevat erityisvaatimukset. Yleisissä materiaalivaatimuksissa esitetään laatuvaatimukset betoni, teräs, kiinnitysosien ja muiden osien materiaaleille. Käyttöikämitoituksen perusteissa esitetään tarvittavat käyttöikämitoituksen perusteet suunnittelulle ja rakentamiselle. Elementit ja niiden valmistus osiossa annetaan kaikki valmistukseen liittyvät ohjeet ja vaatimukset, esim. elementtikohdaiset mittatarkkuus- ja pintavaatimukset, sään- ja palonkestovaatimukset sekä vaatimukset muottimateriaalille, pintakäsittelylle ja liitosperiaatteelle. Elementtien toimituksessa esitetään ohjeet kuljetuksen ja asennuksen aikaiselle käsittelylle ja varastoinnille. Elementtien asennuksessa annetaan päärakennesuunnittelijan ohjeet elementtien asennuksesta ja asennussuunnitelmaa varten tarpeelliset lähtötiedot, esim. asennusjärjestyksen vaatimukset ja asennusaikaisten tukien vaatimukset. Elementin saumauksessa esitetään elementin saumauksen vaatimukset. Jälki- ja viimeistelytyöt osiossa esitetään ohjeet jälki- ja viimeistelytyöistä, esim. mahdollisten vaurioiden paikkaus. (RIL 229-1 2013)

## **4.5 Päärakennesuunnittelun piirustukset ja luettelot**

### **4.5.1 Suunnitelmien valmiusaste ja esitystapa**

Päärakennesuunnittelijan yleensä laatimien suunnitelmien sisältö ja määrä vaihtelevat kohdekohtaisesti. Suunnittelutehtävän laajuus on sovittava kohdekohtaisesti käyttäen yleisiä suunnittelun tehtäväluetteloja. Päärakennesuunnittelu kattaa kuivatuksen, perustuksien, runkorakenteiden, julkisivurakenteiden, vesikattorakenteiden ja täydentävien rakenteiden suunnittelukokonaisuudet. Tässä tutkielmassa on tarkasteltu runkorakenteiden betonielementtirakenteita.

Suunnittelu etenee vaiheittain yleissuunnitelmasta toteutussuunnitelmaan. Tässä tutkielmassa on tarkastelut toteutussuunnitelmien valmiusastetta. Toteutussuunnittelussa hankintasuunnitteluvaiheen asiakirjat saatetaan valmiiksi toteutussuunnitelmiksi. Suunnitelmissa esitetään yleissuunnitelmien ja hankintaa palvelevien suunnitelmien sisällöt. Yleissuunnitelmissa esitetään yleensä rakennuksen runkojärjestelmä (materiaalit, pääluokat ym. perustiedot), rakenteiden perustaminen (perustamistapa), kantavat ja jäykistävät rakenteet, materiaalit ja päämitat sekä tarpeelliset leikkaukset. Yleissuunnitelman piirustukset laaditaan soveltaen lopullisesta rakennesuunnitelmasta annettavia ohjeita. Hankintavaiheessa yleissuunnitelmat tarkennetaan ja siinä esitetään rakenteita koskevia määrä- ja laatu-tietoa riittävällä tarkkuudella toimitussopimuksen laadintaa varten. Hankintavaiheen piirustuksissa esitetään yleensä moduulilinjat ja päämitat moduulilinjoihin sidottuina, rakennusosien mitat ja sijainnit moduulilinjoihin sidottuna, kantavat ja jäykistävät pysty- sekä vaakarakenteet, rakennusosien tunnuksat, kuormitustiedot, leikkaus- ja detaljimerkinnät, kantavien rakenteiden kannalta merkitykselliset varaustiedot, materiaalimerkinnät, materiaalien erityisvaatimukset, rakennetyypit, palonkestoluokat, ympäristörasitus, pintojen laatuvaatimukset, toleranssiluokat sekä liikunta- ja työsaumat. Toteutussuunnitelmissa edellä mainittujen tietojen lisäksi tulee esittää lopulliset toteutuvat rakenteet, toleranssiylityksistä tms. johtuvat suunnitelmamuutokset esim. uudet paalut sekä suunnitelmamuutoksista tai rakentamistavan muutoksista johtuvat muut täydennykset. Toteutussuunnitelmien lopullisten versioiden on vastattava toteutuvaa rakennusta. (RIL 229-1 2013)

### **4.5.2 Betonielementtirunkorakenteet**

Suunnittelun edetessä runkorakenteiden piirustukset ja luettelot täydentyvät. Niihin lisätään kunkin suunnitteluvaiheen tiedot. Jos projektissa ei ole muuta sovittu, suunnitteluvaiheiden asiakirjojen sisällön ohjeena käytetään RAK95 tehtäväluettelon sisältö-määrittelyä. Rungosta laaditaan tasopiirustuksia. Tasopiirustuksessa esitettävistä tiedoista riippuen se on joko mittapiirustus, raudoituspiirustus, varauspiirustus, tartuntapiirustus tai sijoituspiirustus/elementtikaavio. Yleisleikkauksilla luodaan selkeä kokonaiskuva rakennuksesta esittämällä rakennus perustuksista vesikattoon samassa kuvassa. Rakenneleikkaus kokonaisuus kohdasta, jota ei voida yksiselitteisesti esittää tasopiirustuksessa tai yleisleikkauksessa. Rakenneosa- ja detaljipiirustuksia laaditaan runkomateriaalikohdtaisten ohjeiden mukaisesti täydentämään taso- ja leikkauspiirustuksia. Virheiden välttämiseksi rakenneosien mitoitus useissa dokumenteissa on vältettävä. Rungon rakennejärjestelmää havainnollistavia 3D-tulosteita voidaan käyttää apuna rungon asennusjärjestystä suunniteltaessa. Runkorakennesuunnitelmiin liittyvät elementtiluettelot, tarvikeluettelot ym. luettelot laaditaan projektikohtaisesti sovitussa laajuudessa runkomateriaalikohdtaisten ohjeiden mukaisesti. (RIL 229-1 2013)

Päärakennesuunnittelijan laatimia betonielementtirunkorakenteiden suunnitteluasiakirjoja ovat tasopiiirustukset, leikkauspiiirustukset ja kaaviot, detaljpiiirustukset, tyyppielementtipiiirustukset, luettelot ja työselostukset. Tasopiiirustuksiin kuuluvat mittapiiirustukset, raudoituspiiirustukset, varauspiiirustukset ja tartuntapiiirustukset. Leikkauspiiirustuksiin ja kaavioihin kuuluvat yleisleikkaukset, rakenneleikkaukset, elementtikaaviot, esim. kantavat väliseinät ja porrashuoneet sekä kantavien julkisivuelementtien julkisivukaaviot hankintasuunnittelutasolle asti. Runkorakenteiden detaljpiiirustuksiin kuuluvat saumaraudoitusdetaljit sekä liitos-/tyyppidetaljit. Luettelot ja elementtikaaviot eivät kuulu päärakennesuunnittelijan perustehtäviin. Suunnitteluasiakirjojen tarkemmasta sisällöstä ja päärakennesuunnittelijan ja tuoteosasuunnittelijoiden väliset työnjaot on sovittava kohdekohtaisesti. Asiakirjoissa on noudatettava betonielementtirakentamiseen liittyviä ohjeita. Elementtitunnusten ja mittojen täydentämisen mittapiiirustukseen tekee joko päärakennesuunnittelija tai tuoteosasuunnittelija tehtyjen sopimusten mukaan. Kohteen kunkin kerroksen mittapiirroksessa esitetään kerroksen katto ja sitä kantavat alapuoliset pystyrakenteet käyttäen pelikuvausta tai normaalikuvausta. Teräsosat ja tartunnat voidaan esittää mittapiiirustuksessa. Jos luettavuus ei pysy hyvänä, voidaan esittää teräsosat ja tartunnat erillisessä tartuntapiiirustuksessa. (RIL 229-1 2013)

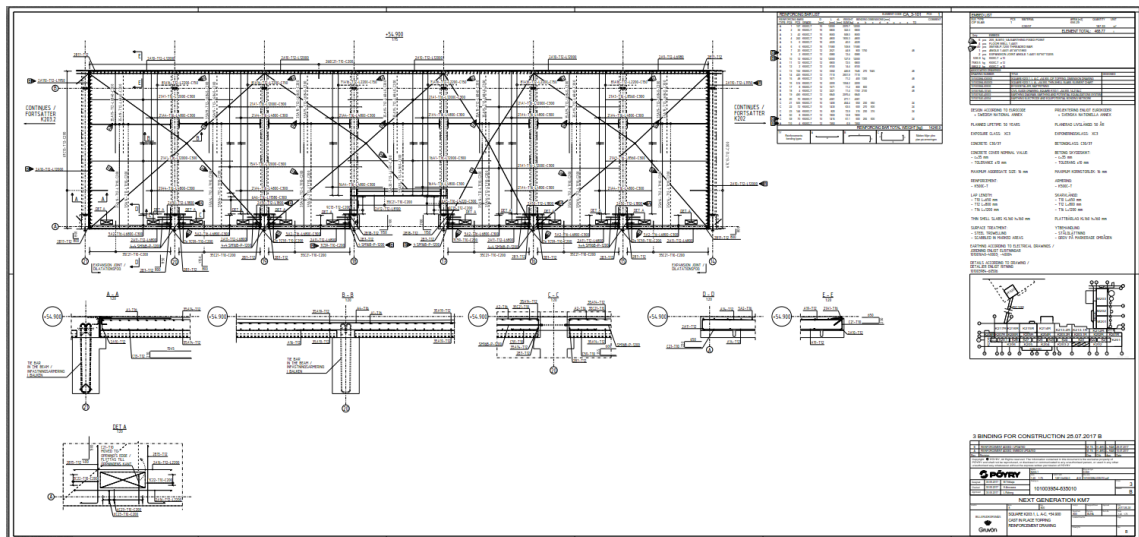
### 4.5.3 Mittapiiirustukset

Mittapiiirustuksessa esitetään rakenteiden yksityiskohtainen mitoitus ja niissä voidaan esittää myös runkoelementtien sijainti. Kuvassa (Kuva 18) on esitetty mittapiiirustus, johon on sisällytetty leikkaus ja detaljpiiirustuksia. Esitettäessä elementtien sijainti mittapiiirustuksessa, erillistä runkoelementtien sijoituspiiirustusta ei tarvita. Ontelolaatoille laaditaan yleensä erillinen yksityiskohtainen sijoituspiiirustus. Yleissuunnitteluvaiheessa mittapiiirustuksen sisältöön kuuluvat päämitat ja kantavat rakenteet alustavasti. Hankintasuunnitteluvaiheessa piiirustusalueen sisältöön kuuluvat moduulilinjat, päämitat sidottuina moduulilinjoihin, kantavat ja jäykistävät pysty- ja vaakarakenteet, elementit tyypitettyinä tuotantosarjoittain, ei-kantavat betonirakenteet, piste- ja viivakuormat sekä perusarvoista poikkeavat tasokuormat, liikuntasaumat, yleismaininnasta poikkeavat tason rakennetyypit, palkkien korkeusasemat ja palonkestoalueet, tasoelementtien kantavuuden kannalta merkitykselliset reikä tiedot sekä tyypilliset leikkaus- ja detaljimerkinnät. Ohjealueen sisältöön kuuluvat betonin lujuus- ja rakenneluokka, erityisvaatimukset, pintojen laatuvaatimukset, ympäristörasitus, suunniteltu käyttöikä, teräslaadut ja muut materiaalivaatimukset, betonipeitteen paksuus, toleranssiluokat, laattojen paksuus ja alapinnan korkeusasema, elementtien tukipinnat toleransseineen tarvittavassa laajuudessa, perusarvot palkkien korkeusasemasta, rakennetyypistä, kuormista ja väliseiniä paksuudesta, palonkestoluokat, hitsiluokka, kuormitusten perusarvot ja viittaukset muihin oleellisiin asiakirjoihin. (RIL 229-1 2013, SFS-EN 4172 1996)

Toteutussuunnittelu- ja rakentamisvaiheessa mittapiiirustuksen piiirustusalueen sisältöön kuuluvat rakenneosien mitat ja sijainti moduulilinjoihin sidottuna, elementtitunnukset elementtisarjalla tarkennettuna, paikalla valettujen rakenteiden tunnuksat ja korkeusasemat, tarvittaessa työsaumat, joiden sijainti sovitaan yhdessä työmaan kanssa, valu- ja asennussuunnat tarvittaessa, tarkepisteet, kaikki leikkaus- ja detaljimerkinnät, pystyrakenteissa olevien isojen, mitoitukseen vaikuttavien aukkojen sijainti, rakenteiden enakkokorotukset tarvittaessa sekä teräsosat ja tartunnat. Tartunnat voidaan esittää erillisessä tartuntapiiirustuksessa. Ohjealueen sisältöön kuuluvat elementtien tukipinnat toleransseineen yksityiskohtaisesti, ellei niitä ole yksiselitteisesti esitetty muualla, kantavien vaakarakenteiden korkeusasemien toleranssit ja tarkepisteiden koordinaatit ja toleranssit. (RIL 229-1 2013)

#### 4.5.4 Raudoituspiirustukset

Raudoituspiirustus luodaan tason mittapiirustuksen pohjalte, josta on poistettu kaikki tarpeeton tieto. Kuvassa (Kuva 17) on esitetty RIL:n ohjeiden mukainen raudoituspiirustus. Raudoituspiirustuksessa esitetään elementtisaumojen rauditus ja siitä käytetään joskus nimitystä saumaraudoituspiirustus. Saumaraudoituspiirustuksessa voidaan esittää paikallavalujen ja detaljien rauditus tai niistä voidaan tehdä omat rauditusdetaljit. Saumaraudoitteista on suositeltavaa laatia rauditeluettelot, vaikka ne eivät kuulu rakennesuunnittelijan perustehtäviin. Rauditeluettelot voidaan esittää erillisenä luettelona tai ne voidaan sisällyttää raudituspiirustukseen. Saumaraudoitepiirustuksien laatimisessa sovelletaan mittapiirustuksen piirtämishojeita ja piirustuksessa esitetään kaikki saumaraudoitteet. Rauditusteräket esitetään oikean pituisina sijoituspaikkansa viereen näkyvälle paikalle ja tarvittaessa niiden tarkempi sijainti voidaan esittää rauditusdetailjissa. Piirustukseen tulee merkitä jokaisen teräksen lukumäärä, taivutustyyppi, positionumero, teräslajikoodi ja teräksen halkaisija. Teräksien leikkauspituudet sekä keskeistä keskelle väli voidaan merkitä, jos se on tarpeen. Tarvittaessa voidaan esittää taivutetut teräket rakenteen vieressä osamitoin varustettuina. Rauditusdetailjit osoitetaan detailjitunnuksella varustetulla ympyrällä tai viivalla. (RIL 229-1 2013)



Kuva 17 Esimerkki RIL:n ohjeiden mukaisesta toteutusvaiheen raudituspiirustuksesta, johon on sisällytetty rakenneleikkauksia ja detailjipiirustuksia. (Pöyry Finland Oy)

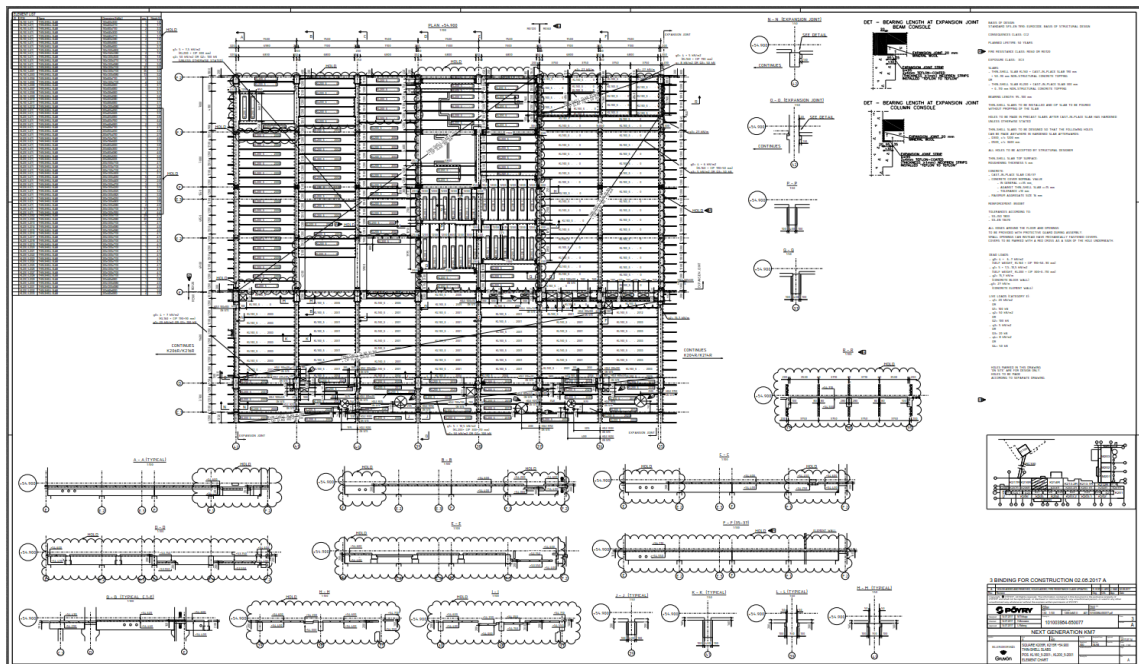
Raudituspiirustuksen piirustusalueen sisältöön hankintasuunnitteluvaiheessa kuuluvat moduulilinjat, päämitat moduulilinjoihin sidottuina, liikuntasaumot, kantavat pysty- ja vaakarakenteet ja jäykistävät rakenteet, ei-kantavat betonirakenteet, saumojen rauditus ja asennusjärjestys tarvittaessa sekä rauditusdetailjimerkinnät. Ohjealueen sisältöön kuuluvat juotosbetonin lujuus- ja rakenneluokka sekä erityisvaatimukset, teräslaadut, ympäristörasitus, betonipeitteen paksuus sekä terästen jatkospituudet ja jatkamisperiaatte. Toteutussuunnittelun piirustusalueen ja ohjealueen sisältö täydennetään lopulliseen muotoon. (RIL 229-1 2013)

### 4.5.5 Tartuntapiirustukset

Tartuntapiirustukset laaditaan tarvittaessa rakentamisvaiheessa tai tuotantopiiirustusvaiheessa, jos tartuntoja pystytään selkeästi esittämään tason mittapiirustuksessa. Tartuntapiirustuksissa käytetään pohjana tartuntojen kannalta epäolennaisista tiedoista karsittua mittapiirustusta. Tartuntapiirustuksien piirustusalueen sisältöön kuuluvat moduulilinjat, päämitat moduulilinjoihin sidottuina, rakenteisiin annettavat tartunnat ja muut teräsosat, osien mitoitus ja sijaintitoleranssi, liikuntasaumot, kantavat pysty- ja vaakarakenteet sekä jäykistävät rakenteet, ei-kantavat betonirakenteet. Osien mitoitus ja sijaintitoleranssit esitetään joko piirustusalueella tai ohjealueella. Ohjealueen sisältöön kuuluvat osien sijaintitoleranssit, tarvittaessa luettelot materiaaleista ja tarvikkeista, poikkeavat piirustusmerkinnät ja korkomerkinnot. Ohjealueen luettelot materiaaleista ja tarvikkeista ei kuulu rakennesuunnittelijan perustehtäviin. Yleinen korkomerkintä voidaan sijoittaa ohjealueelle ja tarvittaessa osien korkomerkinnot voidaan sijoittaa joko osan välittömään läheisyyteen tai mittalinjan yhteyteen. (RIL 229-1 2013)

### 4.5.6 Yleis- ja rakenneleikkaukset

Yleisleikkauksia ja rakenneleikkauksia käytetään havainnollistamaan rakennetta. Kuva 18 (Kuva 18) on esitetty rakenne leikkauksia yhdistettynä elementtien asennuspiirustukseen. Leikkauspiirustuksilla esitetään rakennetyyppien sijaintia, korkeutta, detaljien sijaintia ja rakenteiden liittymiä toisiinsa. Yleisleikkauksia on tehtävä vähintään yksi ja tarvittaessa useampia. Rakenneleikkauksia käytetään esittäessä jokin rakennekokonaisuus esim. VSS tai IV-konehuoneen rakenteet. Leikkauspiirustuksen piirustusalueen sisältöön kuuluvat leikatut rakenteet tarvittaessa leikkauspintamerkinnoin varustettuna, valitun leikkaussyvyyden mukaisesti näkyvät rakenteet, moduulilinjat, päämitat moduulilinjoihin sidottuina, korkomerkinnot, rakennetyyppimerkinnot sekä detaljimerkinnot tarvittaessa. Ohjealueen sisältöön kuuluvat poikkeavat piirustusmerkinnät ja viittaukset muihin asiakirjoihin. Osien korkeusmerkinnät esitetään tarvittaessa. Rakenne osia mitoitetaan tarvittaessa, mutta rakenneosien mitoitus useassa dokumentissa on välttämättä virheiden ehkäisemiseksi. (RIL 229-1 2013)



Kuva 18 Esimerkkikuva RIL:n ohjeistuksen mukaisesta toteutusvaiheen mittapiirustuksesta, johon on sisällytetty rakenneleikkauksia ja detaljipiirustuksia. (Pöry Finland Oy)

### **4.5.7 Tyypielementtipiirustukset**

Tyypielementtipiirustukset päärakennesuunnittelija laati yleensä hankintasuunnitteluvaiheessa. Tyypielementtien dokumenteissa esitetään vaatimukset kohteessa käytettävillä elementeillä ja vaatimukset tuoteosasuunnitelmille. Tyypielementtipiirustukset laaditaan tuoteosasuunnittelun valmistuspiirustuksien ohjeita noudattaen. Päärakennesuunnittelijan laatimat rungon detaljipiirustukset ovat luonteeltaan yleisdetaljeja tai erikoiskohteesta piirrettyjä yksittäisiä detaljeja ja niitä laaditaan tarvittava määrä. Rungon detaljipiirustuksia ovat saumaraudoitusdetaljit ja liitosdetaljit. Detaljeissa esitettäviä asioita ovat saumaraudoituksen yksityiskohtainen sijainti saumaraudoitusdetaljissa ja liitoksen saumausbetoni sekä raudoitus ja tarvittava teräs- ym. osat mittamäärä- ja laatu-tiedot liitosdetaljissa. (RIL 229-1 2013)

### **4.5.8 Luettelot**

Luetteloita päärakennesuunnittelija laatii suunnittelusopimuksen mukaisesti. Tietomallinnuksen yleistymisen on lisännyt erilaisten luetteloiden määrää rakennesuunnittelussa ja rakentamisessa. Yleisimmin päärakennesuunnittelijan laatimiin luetteloihin betonielementtisuunnittelussa kuuluvat elementtiluettelo hankintakyselyä varten, määräluetteloita hankintakyselyä ja tuotantoa varten ja raudoiteluetteloita hankintakyselyä ja tuotantoa varten. (RIL 229-1 2013)

Betonielementti-CAD (BEC) kehitysprojektissa on keskitytty Tekla Structures –ohjelmistossa tehtyjen luetteloiden luomiseen. BEC-hankkeessa Teklan suunnittelupohjia on ollut kehittämässä elementtiteollisuus, Tekla ja suunnittelutoimistot. BEC-hankkeessa päädyttiin suuntautumaan Teklalla tehtyyn suunnitteluun johtuen siitä, että Tekla Structures on yleisin Suomessa käytetty mallintava suunnitteluohjelmisto. BEC—kehitysprojektin tavoitteena oli saada Tekla tarjoamaan ohjelmansa mukana teollisuuden määritysten mukaiset luettelopohjat. Yhtenäistetyt luettelo- ja raporttipohjat ajavat suunnittelutoimistoja yhdenmukaisempiin mallinnuskäytäntöihin ja parempaan mallinnuskuriin. (Betoniteollisuus ry 2013)

## **4.6 Tuoteosasuunnittelu**

### **4.6.1 Yleistä**

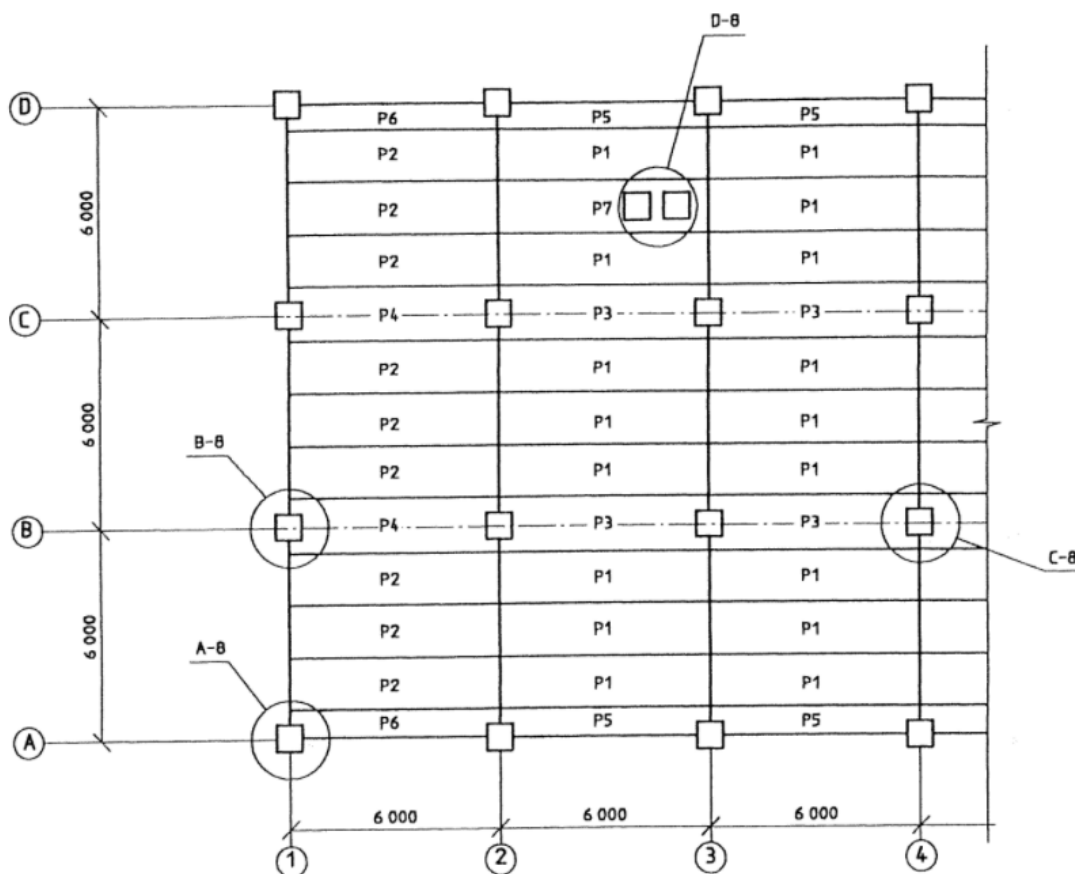
Tuoteosasuunnittelijan suunnittelutehtävän laajuus sovitaan kohdekohtaisesti käyttäen esimerkiksi yleisesti käytössä olevia suunnittelun tehtäväluetteloita. Suunnittelutehtävän sisältö ja määrä vaihtelevat kohdekohtaisesti sopimuksen sisällön mukaan. (RIL 229-1 2013)

Tuoteosasuunnittelija laatii betonielementtirakenteille yleensä elementtien sijoituspiirustukset, detaljipiirustukset, elementtikohtaiset mittapiirustukset, elementtien valmistuspiirustukset ja suunnitelmiin liittyviä luetteloita. Elementtien sijoituspiirustuksia ovat tasopiirustukset, julkisivukaaviot sekä porrashuoneet ym. väliseinäkaaviot. Ne ovat ensisijaisesti taso- ja julkisivupiirustuksia ja tarvittaessa myös leikkauspiirustuksia. Detaljipiirustukset sisältävät yksityiskohtaiset liitos- ja asennusdetaljit. Esimerkkejä luetteloista ovat elementtiluettelot, materiaali- ja tarvikeluettelot sekä raudoiteluettelot. Tuoteosarakenteiden piirustuksissa käytetään Rakennepiirustuksien ja rakennetyyppien yleisien ohjeiden esittämisperiaatteita soveltuvin osin. (RIL 229-1 2013)



## 4.6.2 Tasopiirustukset

Tasopiirustuksella esitetään pääasiallisesti pilarit, palkit, väliseinät ja laatat. Vaativammissa kohteissa voidaan laatia eri sijoituspiirustukset eri elementtityypeille, jos se nähdään tarpeelliseksi. Tuoteosasuunnittelija laatii tasopiirustukset päärakennesuunnittelijan mittapiirustusten pohjalte tai tunnuksat ja elementtien mitoitus lisätään mittapiirustukseen, jos piirustuksen selkeys sen sallii. Tasopiirustusten päivityksestä elementtien osalta vastaa tuoteosasuunnittelija. Kuvassa (Kuva 19) on esitetty SFS-EN standardien mukainen esimerkki piirustus lattialaattojen sijaintikaaviosta. (RIL 229-1 2013, SFS-EN 4172 1996)



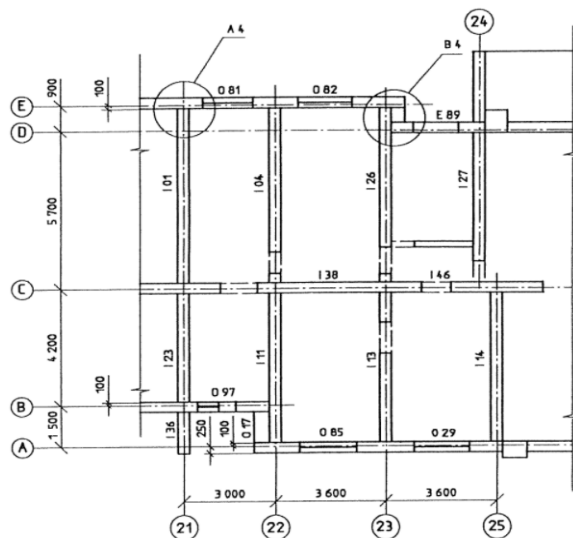
Kuva 19 Standardien mukainen esimerkki lattialaattojen sijaintikaaviosta. (SFS-EN 4172 1996)

Tasopiirustuksissa voidaan käyttää normaalia- tai peilikuvausta. Tasopiirustuksien esitystavassa noudatetaan piirustuksien yleisiä ohjeita sekä yleisiä piirustuskokoja. Liian suuria piirustuskokoja on käytettävyyden takia vältettävä. Laajemmissa kohteissa taso voidaan esittää lohkoittain ja alalohkoittain usealla osapiirustuksella. Tasopiirustuksien piirustusalueella on esitettävä moduulilinjat, päämitat moduulilinjoihin sidottuina, liikuntasauamat, elementtitunnukset, kantavat pysty- ja vaakarakenteet, ei-kantavat teräsbetonirakenteet, jäykistävät rakenteet, tason piste-, viiva- ja vaakakuormat, poikkeamat peruskuormista, yleismaininnasta poikkeavat palonkestoalueet sekä leikkaus- ja detailmerkinnät. Ohjealueella on esitettävä rakenteen suunniteltu käyttöikä, ympäristörasitukset, materiaalin erityisvaatimukset, laattojen paksuus ja alapinnan korkeusasema, palonkestoluokka, betonipeite, betonipinnan laatuvaatimukset, toleranssit ja kuormituksen perusarvo. (RIL 229-1 2013)

Lisäksi on elementtikohtaisia tarkennuksia esityksen sisällölle laatoilla, palkeilla, pilareilla ja seinäelementeillä. Palkin sijainti esitetään tasopiirustuksessa, jos se ole keskeisesti pilariin tai moduulilinjaan nähden. Silloin palkkien sijainti sidotaan moduulilinjoihin. Tunnuksien lukusuunta osoittaa palkin kuvaussuunnan valmistuspiirustuksessa. Pilareiden sijainti tasopiirustuksissa sidotaan moduulilinjoihin ja tunnuksen lukusuunta osoittaa pilarin kuvaussuunnan valmistuspiirustuksessa. Jännitetyille laatoille laaditaan valmistusta varten kaavion lisäksi erilliset laattojen mittapiirustukset ja koontiluettelo. Laatat tyypitetään poikkileikkausmittojen mukaan ja tarkempi tunnus määräytyy rei'ityksen, tartuntojen ja muiden varausten mukaan. Tuoteosasuunnittelija merkitsee kaavioon laattojen tyyppitunnukset ja elementin sarjanumerot. Laattojen mitoituksen yhteydessä elementtien valmistajan punossuunnittelija täydentää tunnuksen punosmäärämerkinnän. Laatat kuvataan tason päällä siten, että laatan tunnuksen lukusuunta vastaa laatan kuvaussuuntaa ontelolaattojen mittapiirustuksessa. Ontelolaattojen pituus, leveys ja sijainti sekä jälkivalukaistojen leveys merkitään jononmitoituksella ja sidotaan moduuliviivastoon. Seinäelementtien tunnukset merkitään tasopiirustuksiin vain väliseinäelementeistä. Julkisivuelementtien tunnukset voidaan merkitä tasopiirustukseen, jos niiden sijainti voidaan näin yksiselitteisesti määrittää. (RIL 229-1 2013)

#### 4.6.3 Seinäelementtikaaviot

Tuoteosasuunnittelija huolehtii päärakennesuunnittelijan suunnitelmien täydennykset ja mitoitukset. Seinäelementtien yksiselitteisen sijainnin esittämiseksi on laadittava seinäelementtien sijoituspiirustukset. Julkisivuelementtien sijoituspiirustus laaditaan arkkitehdin laatiman julkisivupiirustuksen pohjalle ja tarvittaessa laaditaan erilliset sijoituskaaviot myös esimerkiksi väliseinille ja porrashuoneille. Porrashuonekaavioissa voidaan esittää myös laatta- ja porrassyökyselementit. Elementtien sijainti sidotaan moduulilinjoihin vaakasuunnassa ja elementin korkeusasema ilmoitetaan pääsääntöisesti elementin alareunan korkeusaseman mukaan. Tapauskohtaisesti voidaan sopia muista esitystavoista pitäen huolta, että ne ovat yksiselitteiset. Elementtien saumojen leveydet merkitään mittaviivalla. Piirtämis- ja esitystavoissa noudatetaan yleisiä ohjeita ja piirustuskokona käytetään yleisiä piirustuskokoja. Liian suuria piirustuskokoja on käytettävyyden takia vältettävä. Laajemmissa kohteissa sisältö voidaan esittää lohkoittain ja alalohkoittain usealla osapiirustuksella. Kuvassa (Kuva 20) on esitetty SFS-EN standardien mukainen elementtikaavio seinäelementeille. (RIL 229-1 2013, SFS-EN 4172 1996)



Kuva 20 Esimerkki seinäelementtikaaviosta. (SFS-EN 4172 1996)

#### 4.6.4 Valmistuspiirustukset

Valmistuspiirustus on laadittava jokaisesta erillisestä elementistä ja valmistuspiirustuksessa on esitettävä kaikki valmistusta varten tarvittava tieto. Yksittäisen valmistuspiirustuksen sisältöön on merkittävä valmisosan paino, valmisosan painopisteen sijainti, nostolenkit ja niiden sijainti mitoitettuna, muut nostoelimet, ohje sallituista nostotavoista, nostokulmista, kääntötavasta ja muista rajoituksista nostossa, ohje irrotettavista nostoelimistä, tarvittaessa ohje valmisosan vaatimasta kuljetus tai asennusaikaisen kiepsahdustuennasta, kaiteiden ja työtasojen kiinnityksiin tarvittavat kiinnityselimet, muottien purkulujuudet ja elementin vaadittu lujuus nostotilanteessa. Piirustus laaditaan noudattaen esim. Betonielementtiteollisuuden, Betonielementti-CAD tai Rakennusteollisuus RT ohjeita noudattaen. Piirustuskokona käytetään yleisesti kokoa A3 ja tarvittaessa suunnitelma esitetään useammalla arkilla. Leikkauksien mittakaava on yleensä 1:40. Pilari- ja palkkielementtien leikkauksien mittakaava on 1:20 tai 1:5. Piirustuksien luettavuutta taitettuna helpottaakseen sijoitetaan piirroksat, detaljit ja luettelot määrättyihin lohkoihin. Teksti- ja luettelotietojen sijainti on kaikissa tuotantopiirustuksissa sama. Piirrosten ja detaljien ryhmittely on tyyppikohtainen. Seinäelementtien kuvaussuunta valmistuspiirustuksissa on yleensä siinä asennossa kuin ne ovat muotissa. Muottipinta esitetään nuolimerkinnällä tai tekstillä leikkauspiirroksessa. Kuvaussuunnasta voidaan poiketa, mikäli se sopii valmistajan tuotantotekniikkaan. Laattaelementtien kuvaussuunta on tason päältä tasopiirustuksessa esitetystä kuvaussuunnasta. Palkkien ja pilareiden sivupiirros kuvataan tasopiirustuksessa esitetyn nuolen suunnasta tai elementtitunnuksen lukusuunnasta. Lisäksi on suositeltavaa, että ensimmäistä sivupiirrosta esitettäessä muotissa näkyviin jäävä pinta on ylöspäin eli piirustus on kuvattu valusuunnasta. (RIL 229-1 2013, SFS-EN 4172 1996.)

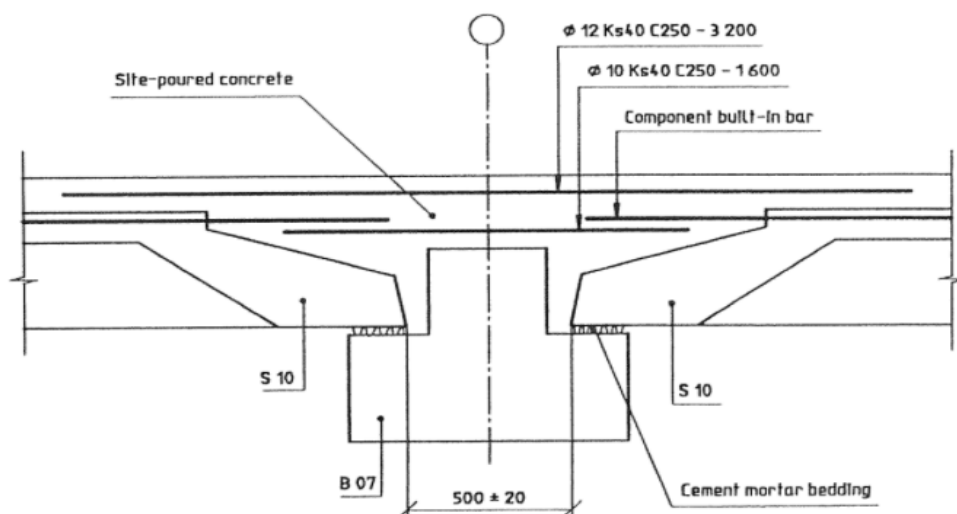
Piirustusalueella on esitettävä sivupiirros, pysty- ja vaakaleikkaukset, detaljit, mitat, raudoitus, kiinnikkeet ja muut tarvikkeet sekä muut tarvittavat asiat esim. palkin ennakokorotus. Ohjealueella on esitettävä betonin lujuusluokka, betonin erityisvaatimukset, suunniteltu käyttöikä, ympäristörasitukset, betonipeitteen paksuus, teräslaadut, terästen niputus, verkon vaakaterästen sijainti, jänneterästen lujuusluokka, jänneterästen pinta-ala ja relaksaatio sekä tartunnan poisto punoksilta, lämmöneristeen laatu, muut materiaalivaatimukset, vaatimukset betonipinnoille, vaatimukset pintamateriaaleille, palonkestoluokat, viisteiden koko, pienin sallittu tukipinta, valmistustoleranssit numeroin, mahdollinen esikorotus, kuormitukset tarvittaessa, purku-, nosto- ja päästölujuus sekä nosto- ja kuljetusohjeet. Tuoteosasuunnittelija laatii ainoastaan mittapiirustuksen jännebetonielementeille, joiden raidoitussuunnittelu kuuluu elementtien toimittajalle. Lisäksi on esitettävä koontiluettelon tai sijaintipiirustuksen numero sekä muut liittyvät suunnitelmat. Raudoitusluettelo, materiaali- ja tarvikeluettelot esitetään, mikäli on sovittu. (RIL 229-1 2013)

#### 4.6.5 Elementtikohtaiset jännebetonirakenteiden mittapiirustukset

Mittapiirustus on laadittava jokaisesta erillisestä jännebetonielementistä. Piirustuksessa on esitettävä lähtötiedot lopulliselle jännepunos- ja raudoitussuunnittelulle sekä valmistusta varten tarvittavat tiedot. Mittapiirustuksessa esitetään yleensä laatoille elementtityyppi, elementtitunnus, mitat, painot, paloluokka, mahdolliset eristeet ja varusteluosat sekä varaustiedot. Palkeille esitetään lisäksi yleensä kuormitustiedot, pintakäsittelyt, tukipintavaatimukset, toleranssiluokat, ympäristön rasitusluokat, suunniteltu käyttöikä, betonipeitteen nimellisarvo ja sallitut poikkeamat. (RIL 229 1-2013)

#### 4.6.6 Detaljit

Tuoteosasuunnittelijan detaljit pohjautuvat päärakennesuunnittelijan tekemiin tyyppiliitosdetaljeihin. Tuoteosasuunnittelijan tekemissä detaljipiirustuksissa esitetään elementtien liitos- ja asennusdetaljit yksityiskohtaisesti. Kuvassa (Kuva 21) on esitetty SFS-EN standardin mukainen palkin ja laatan välinen liitosdetalji. Jokaisesta liittämisperiaatteeltaan erilaisesta liitoksesta on laadittava oma detaljipiirustus. Poikkeavan sijainnin, ulkomuodon tai muun rakenteelliselta kannalta epäolennaisen eroavaisuuden takia ei laadita erillistä detaljia. Elementtien tartuntavaraukset paikallavalurakenteissa esitetään yleensä tasopiirustuksissa, mutta tietyissä tapauksissa tuoteosasuunnittelijan yksityiskohtaista tartuntapiirustusta tarvitaan. (RIL 229-1 2013, SFS-EN 4172 1996)



Kuva 21 Esimerkkikuva palkin ja laattojen välisestä liitosdetaljista. (SFS-EN 4172 1996)

Detaljipiirustuksien piirustuskoko on A4 ja piirustukset kootaan kansilehdellä varustettuihin nippuihin. Tarvittaessa detaljit jaotellaan elementtityyppien mukaan ja tarvittaessa detaljeille annetaan numero, johon voidaan viitata elementtien sijoituspiirustuksessa. Numerointina voidaan käyttää esim. juoksevaa numerointia tai piirustuksen numero-osaa, jossa detaljit erotellaan numero-osaan liitettävällä numerolla. Muissa asiakirjoissa ei tarvita detaljimerkintöjä, mikäli epäselvyyksiä ei synny. Detaljien mittakaavan käytetään tavallisesti mittakaavaa 1:10 ja tarvittaessa 1:5 tai 1:20. Detaljipiirustuksessa on esitettävä projektikohtaiset tunnistetiedot, detaljin tyyppitunniste, detalji, materiaalit ja tarvikkeet, erityisvaatimukset, erikoismateriaalit ja asennukseen liittyvät erityisohjeet. Tekstialueella määritellään detaljiin liittyvät materiaali ja tarvikkeet erityisvaatimuksiin. Laadittavista luetteloista sovitaan erikseen. (RIL 229-1 2013)

#### 4.6.7 Elementti-, materiaali- ja raudoiteluettelot

Betonielementtirakenteiden tuoteosasuunnittelun luetteloita ovat elementtiluettelot, materiaali- ja tarvikeluettelot ja raudoiteluettelot. Luettelot laaditaan kansilehdellä varustetuille A4-lomakkeille ja ne voidaan tarvittaessa jaotella elementtityyppien mukaan. Kaikki luetteloiden mitat ja määrätiedot ovat teoreettisia ja piirustusten mukaisia. Hukkamateriaaleja ei oteta huomioon. Bruttopinta-ala seinämateriaaleille lasketaan äärimittojen mukaan, kääntyvät pielet mukaan luettuina. Nettopinta-ala lasketaan vähentämällä aukot, viisteet ja loveukset bruttopinta-alasta. Nettopinta-alaa laskettaessa ei oteta huomioon alle 1,0 m<sup>2</sup>:n suuruisia vähennyksiä. Monimutkaisen muotoiset ja 35 % aukkopinta-alaa omaavat elementit mitataan kappale-elementteinä. (RIL 229-1 2013)

Elementtiluettelot voivat olla tietomallista generoituja, CAD-sovelluksella, taulukkolaskenta ohjelmalla tai käsin tehtyjä. Ne laaditaan hankintavaiheessa palvelemaan määrälaskentaa ja niitä täydennetään suunnittelun edetessä. Hankintavaiheessa luetteloissa on ilmoitettu elementtien valmistuskustannuksiin vaikuttavat määrät ja mitat. Luettelot laaditaan elementtityyppikohtaisesti. Elementtitunnukset ja tiedot merkitään sovitulla tarkkuudella, jos täydellisiä elementtitunnuksia ei ole vielä määritetty. Luettelot on pyrittävä tekemään määrämuotoisina, jolloin ne palvelevat mahdollisimman tehokkaasti tuotantoa ja niitä voidaan hyödyntää valmistajan tuotannonohjauksessa. Luettelot voidaan kytkeä asennus-, suunnittelu- ja tuotantoaikatauluihin, jolloin niitä voidaan hyödyntää myös hankkeen logistiikan suunnittelussa. (RIL 229-1 2013)

Elementin tyyppitunnukset ja merkintäkoodit ovat muotoa (1)-(2)-(3), jossa (1) on tyyppitunnus, (2) on tuotantosarjanumero ja (3) elementtisarjanumero. Elementtityypitunnuksia ovat esim. TT-laatoille TT ja hissikuiluille HK. Tuotantosarjanumero määräytyy sen mukaan, voidaanko elementit valmistaa samalla perusmuotilla ilman oleellisia muutoksia. Ontelolaattojen punosten lukumäärää kuvataan tuotantosarjanumerolla, jolloin tämän numeron täyttämistä vastaa valmistaja. Elementtisarjanumero kuvaa samalla perusmuotilla valmistettavien elementtien eri versiot. Perustyypeissä elementtisarjanumero voidaan jättää pois. (RIL 229-1 2013)

Kaikissa elementtiluetteloissa on esitettävä elementin tyyppitunnus, kappalemäärä, kappalemäärä yhteensä, maksimi- ja minimipaino tyypeittäin. Ulkoseinäelementeille on esitettävä perustietojen lisäksi rakennetyyppi, pintamateriaali, kuori- ja eristepaksuudet, brutto- ja nettopinta-ala tyypeittäin, kokonaispaino tyypeittäin, brutto- ja nettoalojen summa sekä elementtien paino yhteensä. Runkoelementtiluettelossa esitetään perustietojen lisäksi tuotantosarjanumero, poikkileikkaustyyppi, keskipituus, tilavuus, punosmäärä ja erillisen tarvikeluettelon puuttuessa tarvikkeet. Väliseinä-, laatta, ja erikoiselementtiluetteloissa on esitettävä perustietojen lisäksi rakennetyyppi, pintamateriaali, rakennepaksuus, bruttoala tyypeittäin, kokonaispaino tyypeittäin, bruttoala yhteensä ja hankintavaiheessa laattaelementeille teräsmäärä. (RIL 229-1 2013)

Materiaali- ja tarvikeluetteloissa esitetään tuoteosassa tarvittavat materiaalit luettelomuodossa. Luettelon formaattina käytetään BEC:n mukaista muotoa. Materiaaliluetteloiden käyttötarkoitukset hankkeen erivaiheissa eroavat toisistaan. Hankintavaiheessa materiaaliluettelo on yleensä päärakennesuunnittelijan laatima ja sitä käytetään hinnanmäärityspäätteenä. Elementtisuunnittelun alkuvaiheessa se palvelee hankintaa ja lopulta asennustarvikkeiden hankintaa. (RIL 229-1 2013)

Raudoiteluettelot laaditaan, mikäli näin on sovittu. Ne esitetään valmistuspiirustuksissa ja niistä voidaan koostaa koontilistoja eri tarkoituksiin. Raudoiteluetteloita ovat raudoitteiden taivutusluettelo ja verkkoluettelo. BEC:n mukaiset taivutusluettelon tiedot ovat irtoterästen taivutustyyppi, positionumero, teräslaji, halkaisija, pituus, lukumäärä ja taivutustiedot. Kierrehaoille esitetään taivutustyyppi, positionumero, teräslaji, halkaisija, pituus, lukumäärä ja taivutustiedot. Taivutettaville verkoille esitetään taivutettavien verkkojen tunnus (taivutustyyppi ja positionumero), teräslaji ja taivutustiedot. BEC:n mukaiset verkkoluettelon tiedot ovat verkon tunnus, teräslaji, halkaisija, k-väli, pituudet ja häntien pituudet tarvittaessa. (RIL 229-1 2013, Suomen Betonteollisuuden Keskusjärjestö 1991)

## **5 Haastattelut**

### **5.1 Haastattelujen tarkoitus**

Tutkimuksen toinen osio toteutettiin haastattelemalla betonielementtirakenteiden suunnittelijoita ja elementtirakennuskohteiden projektipäälliköitä, jotka työskentelevät tietomallipohjaisen suunnittelun parissa. Haastattelujen tarkoituksena oli kartoittaa tämänhetkisen tietomallipohjaisen rakennesuunnittelun tilanne ja sen kehitystarpeet. Haastatteluiden lopuksi kartoitettiin tietomallipohjaisen rakennesuunnittelun työkalujen tarpeita sekä esiteltiin kaksi tietomallipohjaisen suunnittelun projektinjohdon työkalua Tekla Structures ohjelmistolle. Haastatteluja tehtiin 8 kappaletta, joista neljä tehtiin rakennesuunnittelijoille ja neljä tehtiin projektipäälliköille. Haastattelutilanteessa mukana olivat vain haastateltava ja haastattelija.

Alakappaleissa 5.2 ja 5.3 on esitelty haastateltavat ja heidän työkokemuksensa sekä haastattelun rakenne kysymyksineen. Saatu aineisto kirjoitettiin puhtaaksi ja analysoitiin haastattelujen jälkeen. Haastatteluista saadun aineiston pääsisältö eriteltynä sekä rakennesuunnittelijoille, että projektipäälliköille tehdyin haastatteluin on esitetty alakappaleissa 5.4 ja 5.5. Haastattelujen päälöydökset ja analyysit on vielä kerätty seuraavaan kappaleeseen 6.

### **5.2 Haastateltavat**

Haastateltaviksi valikoitiin betonielementtirakenteiden rakennesuunnittelijoita sekä projektipäälliköitä. Haastateltavien ikäjakauma oli 29-ikävuodesta 50-ikävuoteen ja jokaisella haastateltavalla oli kokemusta vähintään viisi vuotta betonielementtirakenteiden suunnittelusta, projekti-insinöörin työstä tai projektinjohtamisesta Suomalaisissa ja kansainvälisissä projekteissa. Haastateltavilla projektinjohtajilla oli työkokemusta sekä rakennesuunnittelijan työstä, että rakennesuunnittelun projektinjohtajan työstä tietomallipohjaisessa rakennesuunnittelussa. Työkokemusta haastateltavilla oli raskaanteollisuuden rakenteiden sekä toimitilarakenteiden tietomallipohjaisesta suunnittelusta.

Haastateltavien koulutustaustat olivat:

- Rakennusinsinööri (AMK)
- Rakennesuunnittelun diplomi-insinööri (TTY)
- Insinööri (AMK)
- Rakennustekniikan diplomi-insinööri (TKK)

### **5.3 Haastattelun rakenne**

Haastatteluja tehtiin sekä rakennesuunnittelijoille, että rakennesuunnittelun projektinjohtajille. Haastatteluja tehtiin yhteensä 8 kappaletta, 4 rakennesuunnittelijoille ja 4 projektipäälliköille. Haastatteluihin osallistuivat haastattelija ja haastateltava. Haastattelut tehtiin anonyymisti. Haastateltavilta kysyttiin ikää, koulutusta ja ammatillista taustaa, jotta saataisiin kartoitettua haastateltavien kokemusta teollisuuden kohteiden rakentamisesta. Haastattelun pohjana käytettiin kummallekin osapuolelle yksilöityä haastattelupohjaa. Haastattelujen rakenteet löytyvät tämän työn liitteistä. Haastattelu rakennesuunnittelijalle (Liite 1) ja haastattelu projektipäällikölle (Liite 2).

Kuvan mukaisesti haastattelu jakautuu kolmeen osioon:

1. Aluksi esittelen itseni ja tutkimuksen aiheen haastateltavalle.
2. Haastateltavalle esitetään alustavat kysymykset kartoittamaan haastateltavan ammatillista kokemusta.
3. Viimeiseksi on haastattelun varsinaiset kysymykset. Rakennesuunnittelijalle on liitteen 1 mukaiset kysymykset ja projektipäällikölle liitteen 2 mukaiset kysymykset.

Haastattelujen kysymyksiä ja niihin saatuja vastauksia on purettu alaluvuissa 5.4 ja 5.4.3. Haastatteluissa viitataan Suomen suurimmissa suunnittelutoimistoissa laajalti käytössä olevaan tietomallipohjaiseen suunnitteluohjelmaan Tekla Structuresiin, mutta haastattelun tuloksia voidaan hyödyntää ja peilata myös muihin tietomallipohjaisiin suunnitteluohjelmiin. Haastattelut tallennettiin käyttämällä ääninauhuria. Haastateltavilta pyydettiin lupa haastatteluiden nauhoittamiseen myöhempää haastatteluiden puhtaaksikirjoittamista, purkamista sekä analyysien tekemistä varten. Äänitallenteita ei käytetty muuhun tarkoitukseen.

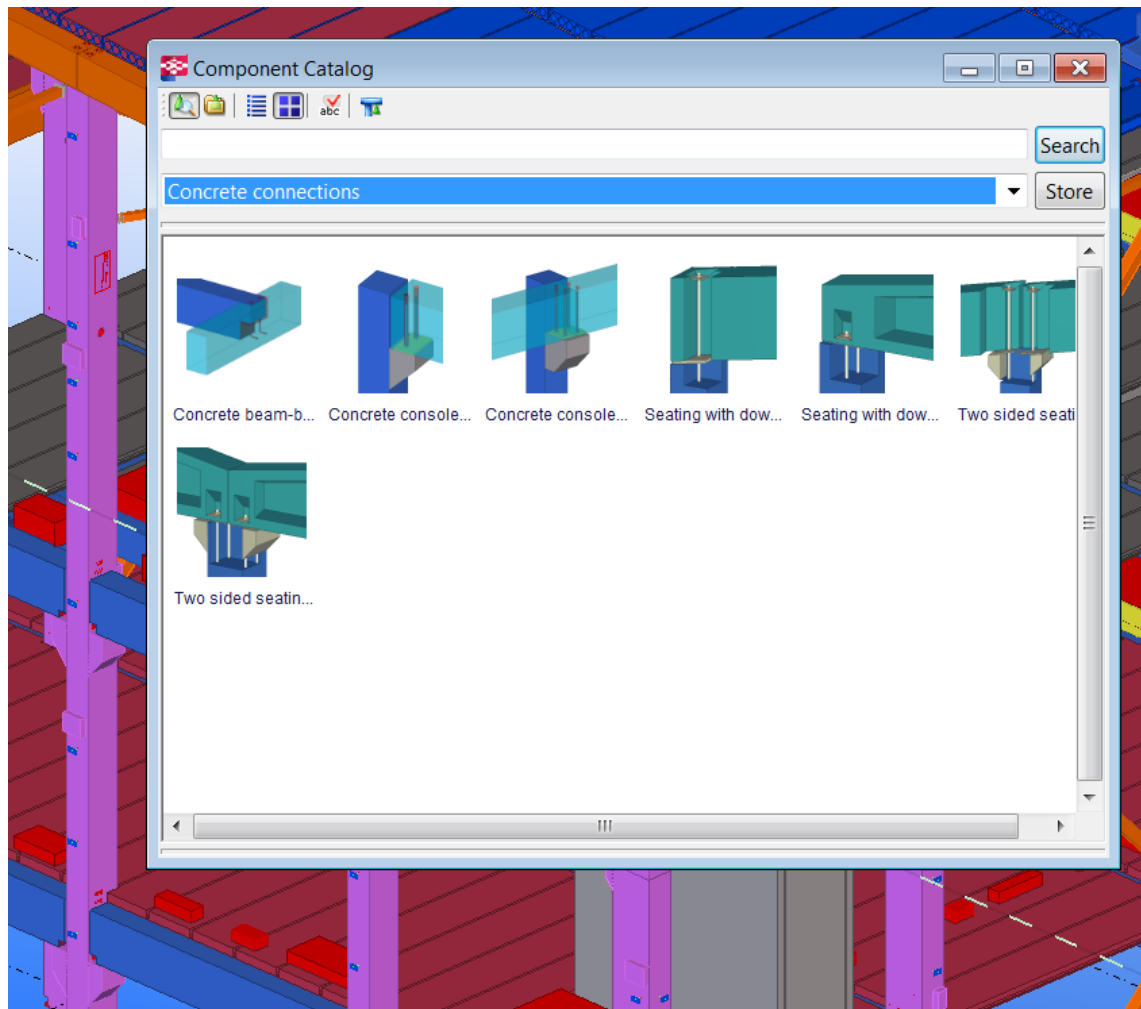
## **5.4 Haastattelut rakennesuunnittelijoille**

### **5.4.1 Piirustuksien luomisen ongelmat ja automaatio**

Haastattelujen pohjalta ongelmia nähtiin enimmäkseen piirustustilan valmiiden asetusten ja automaation toimivuus. Tekla 21 version myötä automatisoituja toimintoja on otettu suunnittelussa yhä enemmän käyttöön. Nykyisin Teklalla suunniteltaessa piirustusten luominen on suurelta osin automatisoitua, jonka ansiosta elementtien piirustusten tekeminen voi olla vaivatonta. Ongelma on piirustusten luomisen valmiit asetukset, jos niitä ei ole määritetty oikein. Jos projektin käyttöympäristöä ei ole luotu oikein, piirustuksia luodessa automatisointi ei toimi ja elementtien piirustukset joudutaan tekemään käsityönä. Hyvin automatisoiduissa ympäristöissä yleensä vain ensimmäisen elementin piirustuksen luominen on työlästä, jonka jälkeen seuraavat elementti piirustukset kloonautuvat kunnolla. Näitä varten voitaisiin Teklaan luoda yksinkertainen kirjaston, jossa olisi erityyppisille rakenteille valmiit piirustuspohjat. Näitä pohjia pystyttäisiin helposti muokkaamaan ja määrittelemään esimerkiksi päänäkymät, onko piirustuksen rakenteella konsoleita, palkin päät ja vaadittavat leikkaukset.

Teklassa on paljon hyviä komponentteja ja valmiita asetuksia komponenteille, joilla pystytään mallintamaan rakenteita nopeasti ja vaivattomasti. Käytännön kohteissa on kuitenkin harvoin sen tyyppisiä rakenteita, joihin näitä valmiita asetuksia pystyisi täysin hyödyntämään. Automatisoidut komponentit ja niistä piirustuksien luominen on vielä kehitysasteella ja kaukana todellisuuden käytöstä. Teklan piirustuksien kloonausominaisuus on vielä kehitysvaiheessa, eikä toimi silloin, kun rakenteen geometria muuttuu vähänkin. Toisin sanoen kaikkien erityyppisten elementtirakenteiden ensimmäinen piirustus joudutaan aina luomaan alusta alkaen käsityönä.

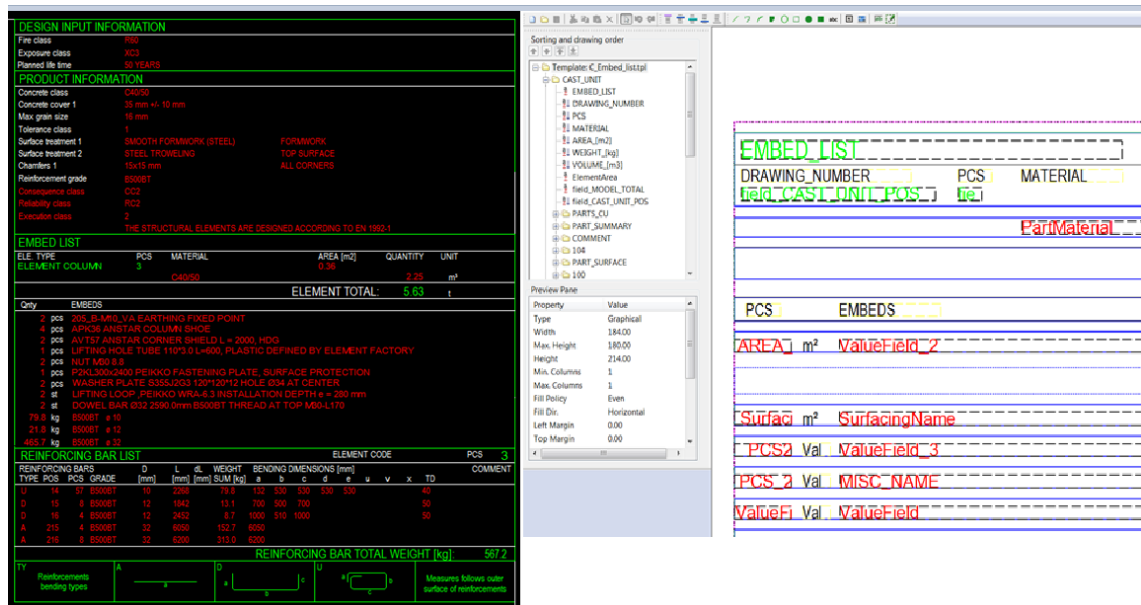




**Kuva 22 Tekla Structures komponenttikatalogin betonielementtipalkkien pilariliitoksia. (Pöyry Finland Oy 2017)**

Teklasta löytyy laajat komponenttikatalogit elementtisuunnittelussa tarvittaville osille ja erilaisia makroja esimerkiksi listojen tekemiseen. Kuitenkin näissä komponenteissa tiedot on usein syötetty niin, että ne tulostuvat väärin tai eivät tulostu ollenkaan esimerkiksi piirustuksien materiaaliluetteloihin. Tämä johtaa siihen, että lähes poikkeuksetta suunniteltavassa elementissä joudutaan syöttämään jonkin komponentin pääosalle tarvittavat käyttäjän määrittelemät tiedot (UDA), jotta esim. materiaaliluettelot saadaan tulostumaan oikein. Piirustus pohjat ja komponentin pitäisi saada toimimaan yhdessä ja niitä pitäisi päivittää jatkuvasti. Esimerkiksi valmistajien uudet komponentit pitäisi saada heti Teklan komponenttikirjastoon. Kuvassa (Kuva 22) on esitetty Teklan komponenttikatalogin automatisoituja betonielementtien pilari-palkki -liitoksia.

Teklan piirustuksien taulukoissa on vielä kovakoodattuja asioita, joita ei pysty muokkaamaan. Esimerkkinä taulukoiden jakaminen kahteen sarakkeeseen piirustuksessa ei onnistu helpolla. Käytännössä ilman koodaustaitoja joidenkin piirustustilan asetusten muuttaminen ei onnistu. Kuvassa (Kuva 23) on näytetty elementtipiirustuksen valutarvike ja raudoitustaulukko. Muokataksaan esimerkiksi tätä taulukkoa, joudutaan muutokset tekemään Template editorin kautta, jolloin muutokset vaikuttavat kaikkiin kyseisellä piirustus pohjalla tehtyihin elementteihin. Erilaisten betonielementtipuolen raporttien kuten määräluetteloiden luomiseen on olemassa vielä vähän valmiita pohjia.



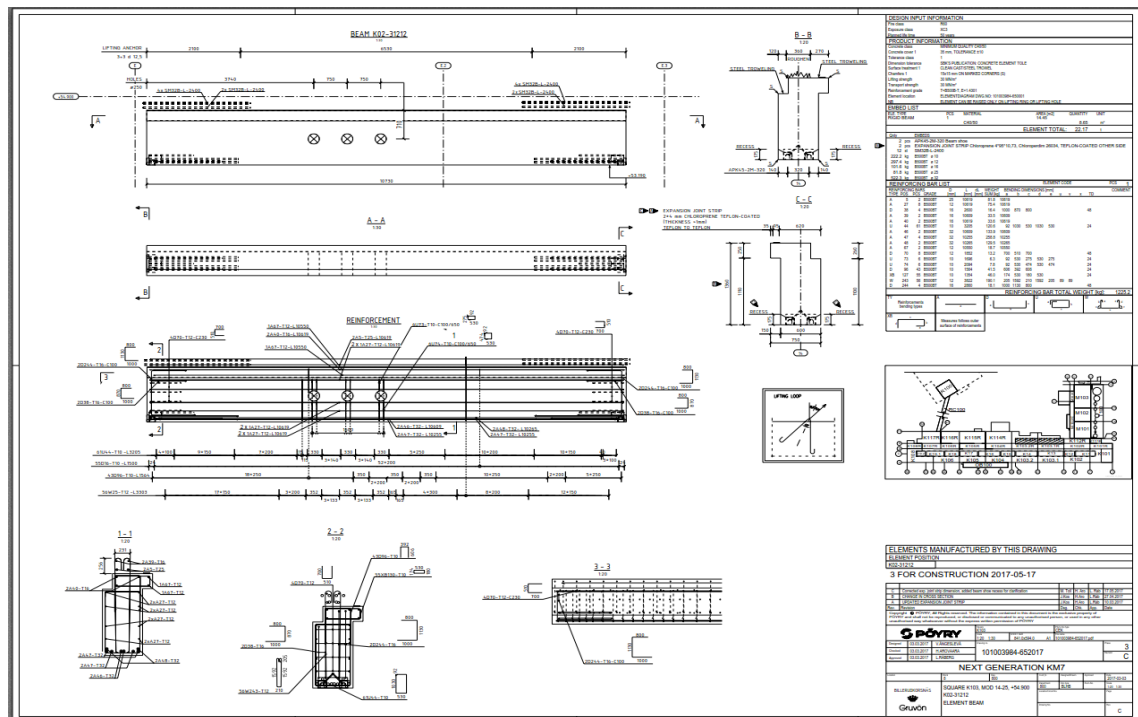
Kuva 23 Elementtipiirustuksen raudoitus ja valutarviketaulukkojen toimivuuden kannalta on tärkeää, että elementin komponentit on mallinnettu oikeaa työkalua käyttäen. (Pöyry Finland Oy 2017)

Piirustusten tulostaminen dwg-tiedostomuotoon toimii Teklalla hyvin, mutta pdf-muotoon tulostamisen kanssa törmätään usein ongelmiin. Teklan asetukset ja niiden valikko pdf-tulostuksessa toimii huonosti. Esimerkiksi tiedoston automaattinen nimeäminen ja tulostuskansion valitseminen useampaa piirustusta valittaessa ei toimi käytännöllisellä tavalla ja asetuksia joudutaan muokkaamaan lähes aina tulostamista aloitettaessa.

### 5.4.2 Tietomallin ja piirustusten muutostenhallinta

Pääsääntöisesti betonielementtipuolella piirustusten muutosten hallinta toimii melko hyvin. Kaikesta huolimatta ongelmiin törmää aina aika ajoin. Esimerkiksi Tekla merkitsee jo valmiita ja tulostettuja piirustuksia Teklan omaan piirustusluetteloon ”part modified” -merkillä, vaikka kyseiselle osalle mallissa ei olisikaan tehty minkään näköistä muutosta. Toinen usein esiintyvä ongelma on elementtien raudoituksien positionumeroiden muuttuminen.

Piirustusten taulukoiden muokattavuus on huono. Taulukoista puuttuu välillä tarvittavia tietoja. Usein on myös epäselvää tai vaikeasti löydettävissä, mistä ja miten taulukoiden tietosisältöä pääsee muuttamaan. Kuvassa (Kuva 24) on valmis betonielementtipalkin valmistus piirustus raudoitus ja tarvikeluettelointeen. Piirustukseen on lisätty revisio-merkit käsin piirustusta muokkaamalla.



Kuva 24 Esimerkki piirustus betonielementtipalkista, jossa rauditus ja tarvikeluettelot oikeassa yläkulmassa. (Pöyry Finland Oy 2017)

Raudoituettelojen hallintaan ei ole olemassa yhtenäistä ja selkeää ohjetta. Piirustuksia revisioitaessa raudoituetteloon pitäisi tulla merkintä, mitä rautoja sieltä on lähtenyt pois ja mitä rautoja sinne on tullut lisää verrattuna edelliseen piirustuksen versioon. Nykyisin raudoituettelo esittää vain elementissä piirustuksen tekohetkellä olevat raudat. Kun piirustukseen ei suoraan tule merkintää, mikä rauta on muuttunut tai uusi, on raudoituettelon läpikäyminen ja näiden merkitseminen työlästä.

Isoja muutoksia tehdessä malliin, kuten esimerkiksi palkin uudelleen mallintaminen ja piirustuksen kloonaaminen aiheuttavat mittapiirustuksissa ja elementtikaavioissa usein elementtitunnusten ja mittojen katoamista. Nämä tämän tyyppiset virheet piirustuksissa pääsevät helposti tarkastuksesta huomaamatta läpi ja aiheuttavat työmaalla mahdollisesti päänvaivaa.

### 5.4.3 Tietomallin tarkastaminen

Tietomallin tarkastaminen tarkoittaa suunnittelijan osalta sitä, että seuraa tietomallissa muiden suunnittelijoiden toimintaa lähialueella ja oman suunnittelukohteen ympäristössä. Rakenteiden törmäystarkastelut kuuluvat normaalitoimintaan ja suunnittelijan tulee olla tietoinen siitä mitä ja mihin suunnittelee. Tietomallin ylläpidon puolella tarkastellaan tietomallin kuntoa ja säännöllisin väliajoin ajetaan tietomallin ja tietomallin rakenteiden numerointien korjauksia. Jokaisen suunnittelijan tulisi tehdä systemaattista mallin tarkastamista suunnittelunsa ohella.

Rakennetta tarkastetaan piirustusta luotaessa ja myöhemmin paperilla varsinaisessa tarkastusvaiheessa. Paperinen tarkastus koetaan vielä tarpeelliseksi ja siinä tulee usein huomattua virheitä, mitä tietomallissa piirustusta tehdessä ei välttämättä tule huomaneeksi. Virheen huomaaminen paperilla on työlästä, sillä se joudutaan korjaamaan tietomalliin rakenteeseen, jonka jälkeen kuvatilassa tehdään tarpeelliset korjaukset ja kuva tulostetaan tarvittaessa uudelleen tarkastettavaksi.

#### **5.4.4 Tietomallin urakka- ja toteutusvaihe**

Urakkavaiheessa tehtävien piirustuksien määrä riippuu projektin koosta ja on usein projektikohtainen. Useimmiten urakkavaiheen piirustuksiin kuuluvat vain elementtikaaviot, tyyppielementtipiirustukset sekä erinäiset detaljit ja rakennetyypit. Pienemmän mittakaavan projekteissa on mahdollista tehdä valmiit elementtipiirustukset jo urakkavaiheen aikana. Urakkavaiheessa ei ole tarvetta luoda virallisia luetteloita tai raportteja.

Toteutusvaiheessa urakkavaiheen piirustuksia täydennetään. Elementtikaaviot ja mittapiirustukset päivitetään. Kaikista elementeistä luodaan yksilölliset valmistuspiirustukset ja detaljipiirustuksien kirjastot päivitetään. Yleensä kohteesta riippuen joudutaan luomaan erilaisia leikkaus- ja tasopiirustuksia eri käyttötarpeita varten ja välillä työmaalle tarvitaan elementtien asentamista varten omat piirustukset. Lisäksi työmaalle ja tehtaille joudutaan lähettämään erilaisia raportteja ja listauksia esimerkiksi peruspulteista ja elementtien asennustarvikkeista.

### **5.5 Haastattelut projektipäälliköille**

#### **5.5.1 Tietomalli työnteon apuna**

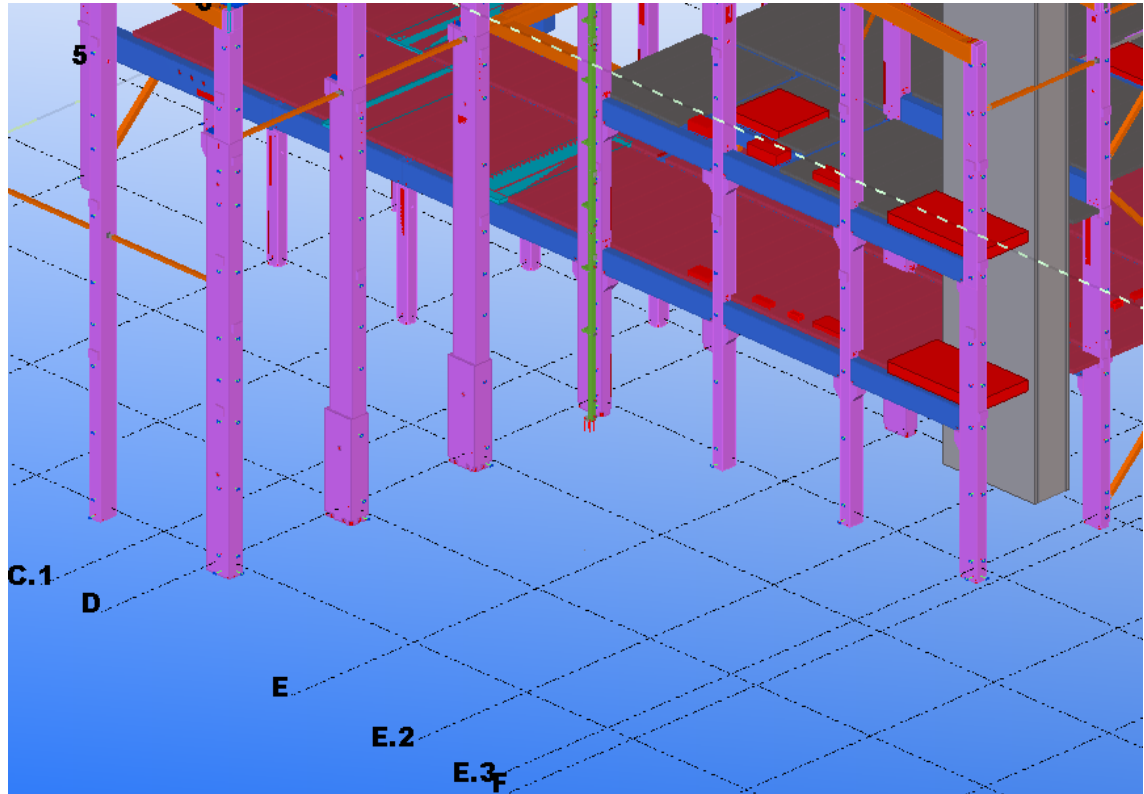
Pääsääntöisesti projektipäällikköjen työkaluna toimii Tekla Structures ohjelma. Teklasta saa materiaali-, tarvikeluettelot yms. tulostettua suoraan oikeanlaiselle raporttipohjalle, mutta piirustusluetteloiden luonti tapahtuu vielä nykyisin enimmäkseen Exceliä käyttäen. Teklan liitännäisiä ei ole otettu vielä laajamittaisesti käyttöön kaikissa projekteissa. Muita työssä käytettäviä ohjelmistoja ovat esim. Microsoftin sovellukset, Autodesk Robot, JIG, CAD-ohjelmistot ja Navis.

Tekla Structures ohjelmisto on tehokas työkalu mallinnuksen ja suunnittelun lisäksi myös suunnittelun valvontaan ja tarkastamiseen. Teklalla pystytään tekemään määrälaskentaa ja aikataulutusta, vaikka näihin tehtäviin käytetäänkin usein jotain muuta työkalua, esim. Exceliä. Teklan liitännäiset, kuten esimerkiksi Tekla Organizer ja Status Tool tyyppiset sovellukset olisivat käteviä työkaluja suunnittelun ohjaukseen ja valvomiseen. Tällä hetkellä näitä sovelluksia ei käytetä suunnitteluprosessin apuvälineinä juuri missään projektissa, mutta niiden käyttöönotto koetaan tarpeellisenä.

#### **5.5.2 Tietomallin käytön ero urakka- ja toteutusvaiheessa**

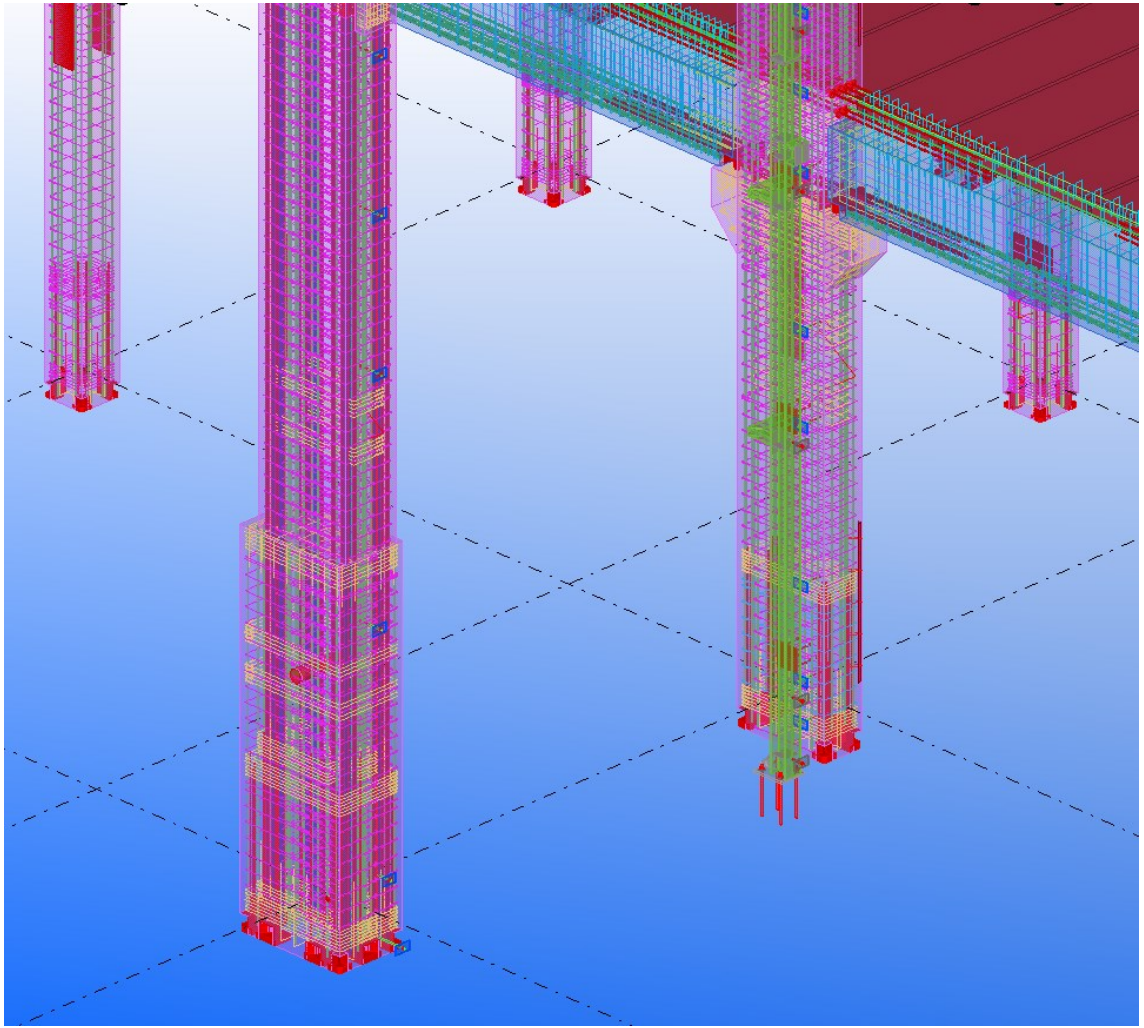
Urakka- ja toteutusvaiheen tietomalli on yleensä sama. Kummastakin tietomallista on saatava piirustuksia tulostettua. Toteutusvaiheessa tietomalli on kehittyneempi ja sinne tulee mallintaa kaikki mahdollinen, mikä on suunniteltu. Tietomallin hyötyjä on se, että sillä pystytään visualisoimaan projektia ja rakennettavaa rakennusta asiakkaan kanssa käydyissä palaverissa. Ennen tietomalleja vastaavaa tehtiin kaksiulotteisesti papereista tai CAD-ohjelmistosta plaaneja ja leikkauksia katsomalla. Urakkavaiheessa raakamalliin pyritään saamaan kaikki elementit. Muut asennustarvikkeet pystytään arvioimaan tietomallin elementtien perusteella, eikä niitä tarvitse välttämättä sisällyttää malliin. Toteutusvaiheessa kaikki mallinnus pyritään tekemään mahdollisimman tarkasti.

Urakkavaiheessa käytetään usein raakamallia, jossa on oikeat määrät ja vahvuudet elementeille. Kuvassa (Kuva 25) on esitetty urakkavaiheen tietomallin pilari ja palkkijako. Urakkavaiheen tietomallista tarvitaankin yleensä vain tasokuvat, pilarien ja palkkien poikkileikkaukset sekä dimensiot ja ontelolaattojen poikkileikkaukset. Urakkavaiheen tietomallista onkin usein tärkeintä saada vain tasokuvat ja poikkileikkaukset. Urakkavaiheessa määrälaskentaa ei yleensä tehdä, vaan julkaistaan kuvat, joista tilaaja pystyy itse tekemään määrälaskennan. Urakkavaiheessa tehtyä tietomallia ei pystytä aina käyttämään toteutusvaiheen suunnittelussa avuksi esimerkiksi lähtötietojen muuttumisen takia.



**Kuva 25** Urakkavaiheen raakamallissa pilarit ja palkit on mallinnettu siten, että oikeat määrät ja vahvuudet on määritetty elementeille. (Pöyry Finland Oy 2017)

Toteutusvaiheessa tietomallista tarvitaan paljon enemmän tietoa, kuin urakkavaiheessa. Kuvassa (Kuva 26) on jokaisen elementtipilarin raudoitukset mallinnettu tarkasti. Toteutusvaiheen tietomalli on paljon kehittyneempi kuin urakkavaiheessa ja sieltä on tulostettavissa lähes kaikki tieto, mitä projektissa tarvitaan. Kaikkien asennuksissa käytettävien komponenttien määriä ei aina silloinkaan tarvita, mutta kuvien oikeellisuus korostuu. Kaikki elementit tulee olla tietomallissa oikein mallinnettuna ja elementtien rauditusluettelot tulee olla oikein.



**Kuva 26** Toteutusmallissa tietomalliin on mallinnettu jokaisen elementtipilarin raudoitukset. (Pöyry Finland Oy 2017)

Tietomallista pystytään tekemään määrälaskentaa sekä urakka-, että toteutusvaiheessa. Toteutusvaiheen tietomalli on kehittyneempi, sieltä saadaan ja tarvitaan luonnollisesti tarkempia tietoja kuin urakkavaiheen tietomallista. Tietomalliin pystytään mallintamaan jopa paikalla valettujen rakenteiden valussa tarvittavat muotit ja laskemaan niiden määrät. Mitä kehittyneempi tietomalli on, sitä tarkempia raportteja sieltä saadaan tulostettua.

Tarve raporttien tulostamiselle on projektikohtainen. Joissakin projekteissa tilaajalla on pääsy rakennesuunnittelijan natiivimalliin, jolloin tilaaja pystyy itse tulostamaan tarvitsemansa määrälaskentaraportit. Tällaista jaettua mallia kutsutaan nimellä Shared Model. Rakennesuunnittelijan tarvitsee silloin vastata vain siitä, että tietomallissa on kaikki tiedot oikein ja ajan tasalla. Tämä vaatii tilaajalta kuitenkin sitä, että heillä on tarvittavat tietomallinnuksen ohjelmistot ja niille ohjelmistoille osaavat käyttäjät, jotka toimivat IFC-pohjassa. Jos tilaajalla ei ole mahdollisuutta toimia IFC-pohjassa, he vaativat rakennesuunnittelijaa lähettämään kaikki tietomallista tarvittavat raportit A4-paperinippuina ja esim. pdf-tiedostoina. Kuvassa (Kuva 27) on esitetty esimerkki pdf-määräluettelo pilarielementtien asennuksessa vaadittavista teräsosista, joka on tulostettu Excel-pohjaisesta käsin täytetystä raportista.



<p style="text-align: center;"><b>BillerudKorsnäs Gruvön, Sweden</b>  <b>Section 3, Modules 17-24, Element columns, Embedded steel equipment</b>  <b>Bill of Quantities</b></p>			
Item	Unit	Quantity	Notes
<b>SECTION 3 ELEMENT COLUMNS</b>			
<b>Columns on module A</b>			
Anstar APK45, column shoe	pcs	36	
Anstar AMP52, anchor bolt	pcs	18	
Anstar ARJ32T-L1-L2-D L=1600, rebar coupler	pcs	54	
Anstar ARJ16A L=580, rebar coupler	pcs	35	
Anstar ARJ16LT L=220, rebar coupler	pcs	20	
Anstar ARJ20LT L=290, rebar coupler	pcs	18	
Anstar ADE36P-600, horizontal rod connection	pcs	9	Surface treatment Sa2,5 GB40 TD160 on visible surfaces
Anstar ADK700, diagonal rod connection	pcs	12	Surface treatment Sa2,5 GB40 TD160 on visible surfaces
Peikko HPM39L, anchor bolt	pcs	36	
Shore A70 t = 10 mm, neoprene	pcs		
T32 L1500 dowel bar with thread at top M30-L200	pcs	18	Material B500B, surface treatment HDG
120x120x12, washer plate	pcs	18	Material S355J2G3, surface treatment HDG
M30 nut	pcs	18	Material 8.8, surface treatment HDG
Semtu Demu 1988 M20*180, fixing anchor	pcs	117	Material 1.4301
220x120x15, plate	pcs	90	Material 1.4301, hole Ø22 at the center
M20 nut	pcs	90	Material 1.4301
D20 L210, thread bar	pcs	81	Material 1.4301
D20 L430, thread bar	pcs	9	Material 1.4301
Earthing fixed point	pcs	36	
Lifting loop	pcs		Element manufacturer specifies lifting loops

**Kuva 27 Esimerkki elementtipilareiden teräsosien määräluettelosta. (Pöryr Finland Oy 2017)**

Piirustuksien päivittäminen tapahtuu tietomallin avulla nopeammin. Kun tietomalliin tekee rakenteeseen muutoksen, se päivittyy automaattisesti kaikkiin rakenteen piirustuksiin ja leikkauskuviin. CAD-pohjaisessa piirustuksien tekemisessä muutokset jouduttaiisiin tekemään jokaiseen piirustukseen ja leikkaukseen erikseen. Rakenteiden muutoksia tehdessä tietomalli on tehokas työkalu virheiden minimointiin.

Tietomallia hyödynnetään myös tarjouspyyntöjä tehdessä piirustuksien ohella. Elementtisuunnittelussa elementtien määrät saadaan tietomallista ja sitä kautta pystytään arvioimaan hankkeen työmäärää, budjetointia sekä suunnittelijoiden tarvetta. Tietomallista saadaan myös helposti elementtien painot, mikä helpottaa tilaajan nosturivarausten ja haasteellisempien elementtien asennuspaikkojen suunnittelua. Tietomallista pystytään katsomaan myös tarkkuustekijöitä helposti ja havainnollistamaan eri laitteistojen ja rakenteiden tilantarvetta.

### 5.5.3 Tietomallin käytön kehitystarpeet

Suurimmat ongelmat tietomallin käytössä johtavat juurensa suunnittelijoiden tietomallinnus käytäntöihin ja tapoihin. Jos jokainen suunnittelija mallintaa omalla tavallaan, tietomallissa ei ole minkäänlaista logiikkaa. Jokaiseen projektiin ja hankkeeseen tulisi luoda hankkeelle sopivat tietomallinnuskäytännöt ja ohjeet. Tällöin suunnittelijan vastuulla olisi pitää huoli, että oma suunnittelu toteuttaa ohjeistuksen antamat vaatimukset. Mallissa työskentelevien suunnittelijoiden mallinnuskäytännöt tulisi yhtenäistää. On erityisen tärkeää projektinjohtoon ja -ohjauksen kannalta, että tietyntyyppiset rakenteet on mallinnettu yhtenevällä tavalla ja kaikki rakenteen tiedot on syötetty oikeisiin paikkoihin. Tällöin rakenteiden suodattaminen tietomallin tarkastelua varten sekä raporttien ja listojen tulostaminen tietomallista toimii. Kuvassa (Kuva 28) on esitetty Teklasta Excel-pohjaan tulostettu raportti.

File

Home

Insert

Page Layout

Formulas

Data

Review

View

PDF-XChange 2012

Cut

Copy

Format Painter

Paste

Clipboard

Arial Narrow

10

A

Font

Wrap Text

Merge & Center

General

Conditional Formatting

Format as Table

Normal 2

Normal

Bad

Good

Neutral

Calculation

Clipboard

Font


Alignment

Number

Styles

Date

101003984-611413

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		GRUNDSKRUV-LISTA		RUTA K116R, GRUNDSKRUV LINJER E2-F2/43-47			Valitse toimisto:	Valitse kieli:			
1							<div><div></div></div>	<div><div>Suomi</div></div>			
2	Projektnummer:	101003984		Handläggare:	M.RINTALA		Tietoja...				
3	Projektnamn:	NEXT GENERATION		Lista nummer:	101003984-611413		Lue...				
4	Projektadress:	GRUVÖN		Revision:	0		Tyhjennä				
5	Lista datum:	07.06.2017		Revision, datum:							
6	Grundskruvnummer	Grundskruv	x	y	z	Revision					
7	6037	PPM36L		5493,789	1868,818	+46,675					
8	6038	PPM36L		5493,096	1868,958	+46,675					
9	6039	PPM36L		5493,513	1869,234	+46,675					
10	6040	PPM36L		5493,373	1868,541	+46,675					
11	6041	PPM36L		5498,781	1863,959	+46,675					
12	6042	PPM36L		5490,197	1864,235	+46,675					
13	6043	PPM36L		5489,921	1868,652	+46,675					
14	6044	PPM36L		5489,504	1864,376	+46,675					
15	6045	PPM36L		5486,053	1870,496	+46,675					
16	6046	PPM36L		5486,636	1870,210	+46,675					
17	6047	PPM36L		5486,329	1870,069	+46,675					
18	6048	PPM36L		5485,912	1869,793	+46,675					
19	6049	PPM45L		5482,323	1875,224	+46,405					
20	6050	PPM45L		5482,723	1875,489	+46,405					
21	6051	PPM45L		5482,237	1876,223	+46,405					
22	6052	PPM45L		5481,837	1875,958	+46,405					
23	6053	PPM45L		5480,170	1874,862	+46,405					
24	6054	PPM45L		5480,656	1874,119	+46,405					
25	6055	PPM45L		5480,570	1875,118	+46,405					
26	6056	PPM45L		5481,057	1874,384	+46,405					

Siirrä

Koordinaatien siirto:

x	y	z
0,000	0,000	0,000










Kierrä xy

Kierto (origo, kiertokulma)

x	y	α (°)
0,000	0,000	0,0000

Kuva 28 Tekla Structures ohjelmistosta tulostettu peruspulttiluettelo Excel-pohjaan luettuna. (Pöyry Finland Oy 2017)

Projektin alkaessa raporttipohjat tulisi löytyä tietomallista ja niitä tulisi päivittää säännöllisesti, jotta ne toimivat tietomalliohjelman kanssa oikein. Raporttien ja listojen tulostaminen tietomallista tapahtuu niin harvoin, että lähes aina joutuu miettimään, miten tulostaminen toteutetaan ja mitkä raporttipohjat ovat toimivia sekä ajan tasalla. Esi-merkki raporttipohjakansion sisällöstä on esitetty kuvassa (Kuva 29). Kansioista löytyy alakansio Excel-raporttipohjille, sekä tietomallista tulostetut Exceliin luettavat raportit.

Name	Date modified	Type
 POYRY_Excel-raporttipohjat	30.1.2017 15:14	File folder
 170405_SIIRRETYT_Paaluluettelo.Excel	5.4.2017 20:08	EXCEL File
 EliPlan_Export_Betonimestarit.xsr	7.4.2017 11:48	XSR File
 immja.Excel	7.4.2017 15:03	EXCEL File
 K103.1_POYRY_Paaluluettelo.Excel	12.4.2017 12:17	EXCEL File
 K103_POYRY_Paaluluettelo.Excel	5.4.2017 17:55	EXCEL File
 K103POYRY_Paaluluettelo.Excel	5.4.2017 17:54	EXCEL File
 K104R_POYRY_Paaluluettelo.Excel	7.4.2017 14:03	EXCEL File
 K105_POYRY_Paaluluettelo.Excel	30.3.2017 13:05	EXCEL File

Kuva 29 Teklan tietomallikansion raporttipohjakansion sisältö. (Pöyry Finland Oy 2017)



#### 5.5.4 Piirustusluettelot ja niiden sisältö

Piirustusluetteloiille on olemassa valmiit pohjat, joissa on määritelty piirustusluetteloiden sisältö. Yleisimmät tiedot ovat piirustusten nimet ja piirustusnumerot, hankenumerot, päiväykset, revisiotunnukset, suunnittelija ja piirustuksen sisältö tai otsikko kuvan (Kuva 30) mukaisesti. Usein urakoitsija haluaa myös, että piirustukset ja liittyvät piirustukset löytyvät vaivatta piirustusluetteloa katsomalla. Tästä syystä olisi hyvä, että piirustusluettelossa olisi merkintä sarake liittyville piirustuksille ja niiden sisällölle. Joissakin projekteissa asiakkaalla ja rakennesuunnittelijalla on kummallakin omat piirustusnumerot, mikä omalta osaltaan vaikeuttaa piirustuksien hallinnoimista. Asiakkaan ja rakennesuunnittelijan omat piirustusnumerot ovat yritysten sisäistä arkistointia varten.

[illegible]

**Kuva 30 Esimerkki betonielementtien elementtelistasta. (Pöyry Finland Oy 2017)**

Teklasta tulostettava piirustusluettelo on ideana hyvä, mutta sitä jouduttaisiin kuitenkin täydentämään käsin. Tämä johtuu siitä, että kaikkia projektin piirustuksia, kuten esimerkiksi detaljipiirustuksia ja rakennetyyppejä, ei yleensä tehdä Teklalla vaan auto-CAD:llä. Näistä seikoista johtuen helpoin tapa tehdä piirustusluetteloita on Excel-tiedostot. Hyvä jaottelu piirustusluetteloille olisi esimerkiksi pääpiirustusluettelo, betonielementtiluettelot ja teräsrakenteiden luettelot, jolloin Teklan omia piirustusluettelo-pohjia pystyttäisiin hyödyntämään elementtiluetteloissa.

Teklalla pystytään tekemään elementtiluetteloita, jotka päivittyvät automaattisesti, kun elementtejä revisioidaan, vähennetään tai lisätään. Tällöin paras ratkaisu olisi tehdä piirustusluettelon lisäksi erillinen piirustusluettelo elementeille. Tällaiseen Teklasta suoraan ajettuun elementtiluetteloon pystyttäisiin automatisoimaan tehtyjen muutoksien korostaminen. Jotta jokaista elementtikuvaa ei tarvitsisi tarkastaa yksittäin, olisi tärkeää, että suunnittelijoiden mallinnuskäytännöt olisivat yhtenäiset. Elementtiluetteloihin tulee sisällyttää elementin positionumero. Elementin paino olisi myös hyödyllistä nähdä suoraan jo elementtiluettelosta. Piirustuksien mittakaavan ja arkkikoon ilmaisemista elementtiluettelossa ei koeta niin hyödylliseksi nykyisin. Tästä huolimatta asiakas vaatii niitä toisinaan. Elementtiluetteloon olisi projektin ohjauksen kannalta hyvä sisällyttää myös elementtien statukset, jolloin projektipäällikkö näkisi helposti, mikä elementtisuunnittelun tilanne on. Status päivittyisi sitten tietomallista automaattisesti elementtiluetteloa päivitettäessä.

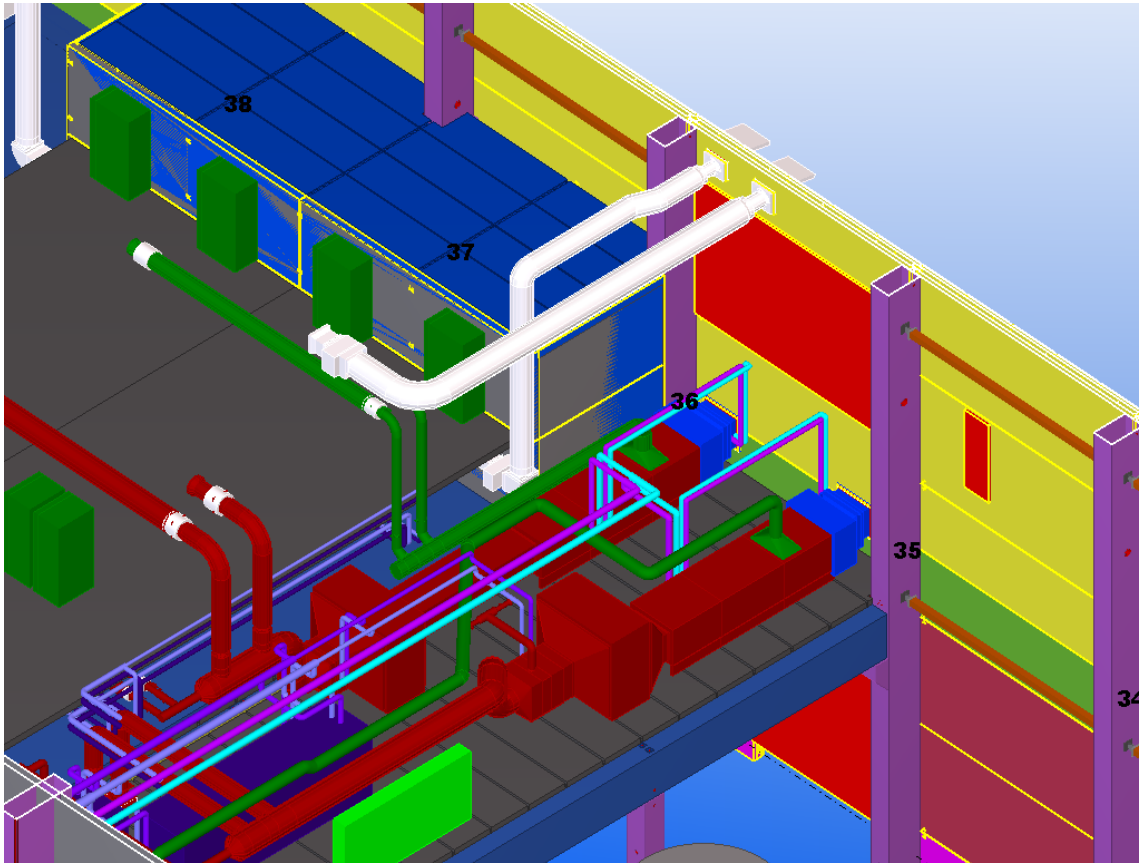
### 5.5.5 Tietomallin tarkastaminen

Tietomallin valmiusastetta ja rakenteiden törmäyksiä projektipäällikkö tarkastaa istumalla suunnittelijan kanssa pöydän ääreen ja kartoittamalla mallin tilannetta. Havaitessa tietomallissa uusia tilanteita tai ongelmia suunnittelija tulee kysymään ja miettimään tilannetta tai ongelmaa projektipäällikön kanssa. Tietomallin tarkastamista toteutetaan myös tietomallia visuaalisesti tarkastelemalla ja koko rakennuksen tietomallin tilannetta seuraamalla. Tämä koetaan usein työlääksi ja hankalaksi, sillä tietomalliin sisältyy niin paljon tietoa, ettei kaikkia ongelmakohtia ja törmäyksiä pysty havaitsemaan. Projektipäälliköillä ei yleensä ole aikaa systemaattiseen mallin tarkastamiseen ja usein joudutaan luottamaan siihen, että suunnittelijat tekevät työnsä ohella törmäystarkasteluja sekä tarkastelevat oman työskentelyalueensa ympäristöä.

Tilaajan kanssa järjestetyissä mallipalaverissa ilmenee usein törmäyksiä, joita ei pystytä aina havaitsemaan yksittäisistä piirustuksista katsomalla. Toisaalta paperisia piirustuksia tarkastellessa pystytään havaitsemaan ongelmakohtia, joita ei tietomallista heti huomaa. Usein suunnittelijat huomaavat jo tietomallissa kuvatilassa kuvaa tehdessä törmäyksiä ja ongelmakohtia, jotka korjataan mallipuolella ennen kuin piirustuksen tekemistä jatketaan.

Toteutusvaiheessa tietomalli tulee katsottua detaljitasolla jokainen kohta läpi. Jaetuissa malleissa ja useamman käyttäjän malleissa on joskus käytetty törmäystarkasteluun tarkoitettuja ohjelmia, kuten esimerkiksi Navis-ohjelmaa. Kokemukset näistä törmäystarkastelun ohjelmista ovat vähäisiä ja juuri kenelläkään projektipäälliköistä ei ole niihin osaamista. Tämän tyyppiset ohjelmat ovat käytännöllisiä näissä teollisuuden isoissa projekteissa, kun samaan ympäristöön peilataan useampi malli ja ajetaan törmäystarkastelu. Yhteisessä työympäristössä pystytään sitten havaitsemaan erityistä huomiota tarvitsevat kohdat. Näissäkin törmäystarkasteluissa ei tule esille kaikkia mahdollisia ongelmakohtia. Työmaalta tullessiin kysymyksiin pystytään vastaamaan helpommin tietomallista otettuja kuvakaappauksia apuna käyttäen.

Teklassa törmäystarkasteluja pystytään tekemään vain liittämällä muista malleista referenssi omaan tietomalliin ja tarkastelemaan siitä silmäpelillä törmäilyjä. Kuvassa (Kuva 31) on esitetty ilmanvaihtolaitteiden ja seinäelementtien IFC-referenssitiedostot teollisuushallin kehärakenteiden elementtimalliin tuotuna. Kun ongelmakohta havaitaan, joudutaan seuraavaksi selvittämään, kuka kyseistä kohtaa suunnittelee ja mistä hänet saadaan kiinni. Jos nämä tiedot löytyisivät suoraan törmäystarkastelun yhteydessä ongelman löytyessä, säästyttäisiin turhalta etsimiseltä ja suurelta vaivalta. Liitännäinen, johon pystyittäisiin laittamaan huomautus ongelmasta ja joka sitten välittyisi suoraan oikealle suunnittelijalle, olisi käytännöllinen.



Kuva 31 Ilmanvaihtolaitteiston törmäyksien tarkastelu ja reikävarauksien määrittäminen elementtirakenteisiin IFC-referenssitiedoston avulla.

BIM-koordinaattori olisi tärkeä työläinen isoissa projekteissa juuri tietomallin tarkastamistakin silmällä pitäen. BIM-koordinaattorin työtehtäviin kuuluisi tietomallien yhteensovittaminen ja tietomallien törmäystarkasteluista huolehtiminen muiden BIM-tehtävien lisäksi. Normaalilla projektinjohtajalla ei yleensä ole kokemusta tai koulutusta törmäystarkasteluohjelmien käyttämisestä.

### 5.5.6 Tietomallin ja piirustuksien muutostenhallinta

Tietomallin muutosten tekemiselle ei ole yleisesti olemassa minkäänlaista ohjetta. Rakenteille tehtäviä muutoksia ja niiden ratkaisuja joudutaan miettimään aina tapauskohtaisesti. Muutoksien tekeminen aiheuttaa yleensä ongelmia elementtien mittakuvissa esimerkiksi, kun jokin elementtipalkki joudutaan kokonaan vaihtamaan toisenlaiseen. Kuva saattaa tuhoutua täysin, tai siinä siirtyy mitta- ja muut merkinnät ympäriinsä. Tämän lisäksi joudutaan tekemään uudet raudoitus-/valmistuskuvat uusille elementeille ja päivittämään edelliset kuvat elementtien lukumäärien ja raudoituksien osalta. Helpomalla pääsisi, jos näissä muutoksissa tekisi esimerkiksi CAD:llä muutokset yksittäisiin kuviin, eikä ryhtyisi pelaamaan tietomallin kanssa. Tietomallia käytettäessä nämä muutokset tuottavat enemmän töitä, kun mallissa joudutaan muuttamaan positionumerointia elementtien osalta ja kaikki liittyvät piirustukset joudutaan päivittämään. Joissain tapauksissa muutos voi räjäyttää valmiiksi räätälöidyt kuvat ja ne joudutaan tekemään kokonaan uusiksi. Eniten työtä aiheuttavat juuri tämäntyyppiset tapaukset, joissa elementtejä päivitettäessä piirustuksissa tekstit ja merkit liikkuvat väärin paikkoihin ja siten valmiit piirustukset voivat tuhoutua täysin. Tällöin joudutaan käytännössä tekemään alusta alkaen uudestaan. Tämä tarkoittaa pahimmillaan sitä, että nopeaksi ajateltu päivityksen tekeminen lisää työmäärää suunnattoman paljon.

Jaettujen mallien ja pilvimallien kanssa on törmätty ongelmaan, jossa tietoja saattaa kadota toiselta suunnittelijalta, jos kaksi suunnittelijaa on tietoisesti tai vahingossa ollut työskentelemässä saman numeroinnin alueella. Tällöin kun he tallentavat mallin, tieto siirtyy pilveen ensiksi tallentaneelta ja kun seuraavaksi toinen tallentaa, tallentuu ensimmäisen tallentajan tietojen päälle toiselta tallentajalta mallin vanhat tiedot. Tämän tyyppisiä ongelmia pystytään ehkäisemään, kun tietomallin käyttäjillä on yhtenäiset mallinnuskäytännöt ja kaikki ovat tietoisia, siitä missä päin muita suunnittelijoita on työskentelemässä ja milloinkin. Numerointia tehdessä muutoksien osalta pitää olla tarkkana, sillä nämä aiheuttavat usein päällekkäisyyksiä mallin numeroinnissa.

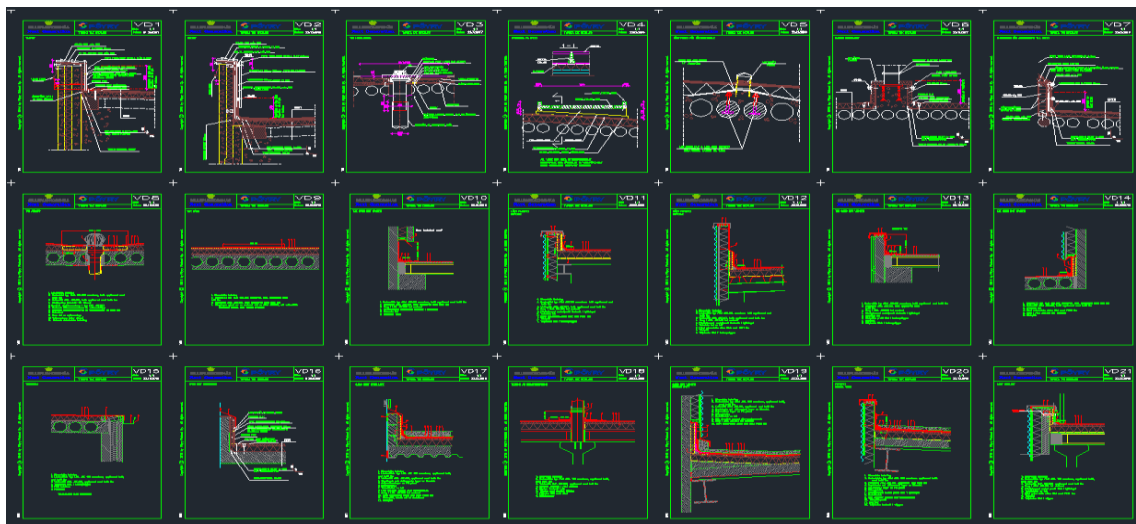
Tietomallin muutoksenhallintaa käyttökelpoisia työkaluja olisivat automatisoitu revisiomerkinntöjen päivitys ja korostaminen listauksissa. Nykyisin listoihin ja projektipankkiin revisiomerkinntät päivittää projektisihteeri käsin. Teklasta saisi tulostettua automaattisesti piirustusluettelot, joissa näkyisi päivitettyt revisiomerkinntät ja päiväykset, mutta ongelmana on esimerkiksi CAD:llä tehdyt piirustukset. Näihin joudutaan revisiomerkinntät tekemään sitten joka tapauksessa käsin.

Toinen tietomallien muutoksen hallintatyökalu olisi elementtien statustunnukset. Tällä työkalulla elementille annettaisiin merkintä esimerkiksi silloin, kun se on annettu suunniteltavaksi ja silloin kun se on valmis sekä lähetetty eteenpäin. Elementeistä nähtäisiin suoraan, kuinka suuri osa niistä on suunniteltavana ja kuinka suuri osa on lähetetty eteenpäin. Elementeistä saataisiin myös suoraan näkyviin, onko niitä revisioitu.

Asiakkaat vaativat yhä useammin erinäköisiä listauksia ja luetteloita tietomallista. Luetteloiden määrän ja koon takia niiden muutoksenhallitseminen on vaikeaa. Jos luettelosta tulee tolkkuttoman pitkä, sen muutoksien tekeminen on työlästä. Tämä johtuu siitä, että tietomallissa ei ole toimivaa työkalua revisiomerkinntöjen tekemiselle. Jos listan päivittää, se joudutaan käsin selaamaan läpi ja merkitsemään kaikki muutokset mitä listaan on tullut. Sama ongelma toistuu myös elementtilistojen ja betonielementtien kuvien listauksien tekemisessä ja päivittämisessä.

### **5.5.7 Detaljit ja detaljikirjasto**

Detaljien tekeminen Teklalla ei ole kovin yleistä. Teklassa itsessään ei ole sisään ajettua detaljikirjastoa vaan detaljikirjastot ovat perinteisesti dwg- ja pdf-pohjaisia. Kuvassa (Kuva 32) on esitetty dwg-pohjainen detaljikirjasto, josta löytyy useampi rakennedetalji samasta tiedostosta. Näiden päivittäminen on tärkeää ja niiden pitäisi olla helposti löydettävissä, kun uutta projektia avataan. Kun on olemassa toimiva ja ajantasainen detaljikirjasto, uutta projektia avatessa detaljeja ei tarvitse etsiä vanhoista projekteista, vaan ne löytyisivät yhdestä tietystä paikasta. Detaljikirjastolle tärkeä ominaisuus on detaljien esikatselun mahdollisuus ilman, että koko detaljinippua tarvitsisi avata autoCAD-ohjelmalla. Tällöin detaljit pystyttäisiin selaamaan läpi nopeasti ja poimimaan sieltä projektille tarpeelliset detaljit helpommin.



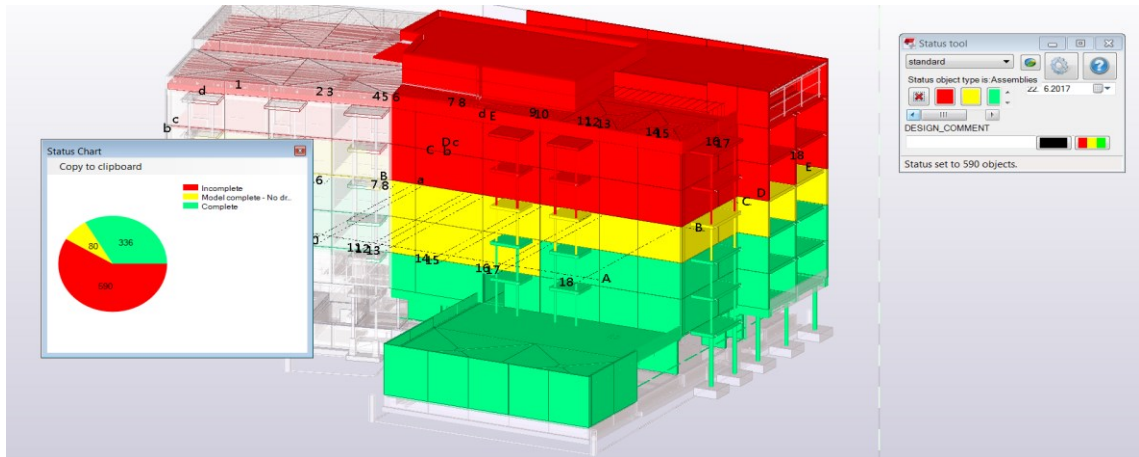
Kuva 32 Esimerkki dwg-pohjaisesta detaljikirjastosta. (Pöry Finland Oy 2017)

Detaljikirjasto tulisi olla jaoteltuna järkevästi, esimerkiksi hankkeen tyyppin mukaan ja alakategorioihin rakennetyyppien mukaan. Hanketyypit voisivat olla esimerkiksi teollisuuden hanke, toimitilarakennukset ja asuinrakennukset. Rakennetyypeittäin detaljit voisivat olla jaoteltuna esimerkiksi pilarit, palkit, laatat ja rakenneosien liitokset. Tämän tyyppinen vakiodetaljien peruskirjasto olisi projektia luotaessa kopioitavissa projektille ja myöhemmin täydennettävissä. Vakiodetaljien muuttaminen pitäisi estää, mutta niistä uuden luominen tulisi olla mahdollista. Projektin detaljikirjaston detaljit valitsee projektipäällikkö. Yleensä projektipäällikön apuna toimii suunnittelijoista ja projekti-insinööreistä koottu ryhmä. Jos valmista pohjaa detaljikirjastolle ei ole, on mahdollista, että kaikkia tarpeellisia detaljeja tai parhaimpia vaihtoehtoja detaljeille ei tule valituksia tai löydetä. Detaljisuunnittelun ja projektien edetessä projektin detaljikirjastot kehittyvät ja päivittyvät.

### 5.5.8 Tietomalliohjelman liittämissovellukset

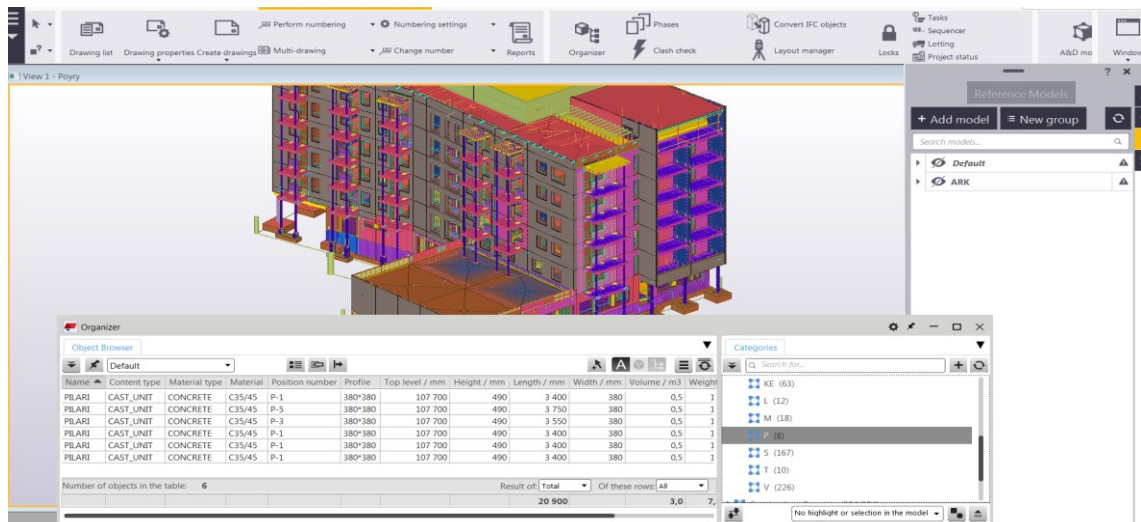
Haastattelun yhteydessä esiteltiin kaksi Tekla Structures ohjelmalle tehtyä sovellusta tietomallin hallintaan ja elementtien statuksen hallinnoimiseen liittyen. Nämä kaksi sovellusta olivat Tekla Organizer ja Status Tool. Haastatteluja varten tehtiin esittely ja ohjeistus näiden sovellusten käytöstä (Liite 3). Liitteeksi tehdyn materiaalin pohjana on käytetty Tekla Structures 2017 versiota ja tietomallina on toiminut asuinrakentamisen elementtikohde. Haastateltavilta kysyttiin kokevatko he nämä työkalut hyödyllisiksi heidän työhönsä liittyvissä tehtävissä. Haastattelujen perusteella ainoat huonot puolet näissä sovelluksissa olisivat lisäkoulutuksen tarve ja sovellusten toimivuus.

Status Tool on käytössä jo asuinrakentamisen puolella. Myös osa tilaajista käyttää kyseistä työkalua. Käyttäjillä on tietenkin eri asetukset ja omat luokitukset työkalulle ja työkalun valmiusasteille. Status Toolissa pitäisi tietenkin määritellä, että kuka elementtien statusa päivittää tietomalliin ja kuinka usein. Yleinen käytäntö on, että suunnittelija päivittää kerran viikossa, yleensä piirustusten lähetyksen yhteydessä suunnittelelleen elementeille statustiedon. Myös elementtien tilanne elementtitehtaalla ja työmaalla olisivat mielenkiintoisia, mutta niitä ei tarvittaisi. Status Tool koettiin tarpeelliseksi työkaluksi teollisuusrakentamisen puolellakin. Status Toolilla saataisiin myös visuaalista esitysarvoa asiakkaan kanssa käytävissä palavereissa tietomallin valmiusastetta esittäessä. Kuvassa (Kuva 33) on esitetty betonielementtirakenteisen rakennuksen valmiusaste Status Toolia käyttäen.



Kuva 33 Status Tool visualisointi elementtirakenteiden valmiusasteesta.

Tekla Organizer vaikutti tehokkaalta työkalulta tietomallin lohkojaotteluun, tarkastamiseen ja listojen tulostamiseen. Nykyisin, jos tilaaja vaatii lohkojaottelutietoja tietomalliin, ne joudutaan lisäämään jokaiselle kappaleelle yksilöllisesti UDA-tietokenttiin. Rakenteita kopioidessa nämä tiedot kopioituvat mukana ja lisää siten virheiden mahdollisuuksia tietomallissa. Tekla Organizerilla saataisiin tähän käytettyä aikaa vähennettyä huomattavasti. Organizerin avulla elementtiluetteloiden tulostaminen on kätevää ja vaivatonta. Kuvassa (Kuva 34) on esitetty Tekla Organizer käyttöympäristö Tekla Structures 2017 versiossa.



Kuva 34 Tekla Organizerilla tehty pilarelementtien listaus Tekla 2017 versiossa. (Pöyry Finland Oy 2017)

Organizerilla tietomallin tarkastaminen helpottuisi huomattavasti, kun parilla napsautuksella tietomallista saisi lohkoittain ja kerroksittain jaoteltuna listaukset elementeistä. Listauksesta näkisi suoraan, täsmäävätkö elementtien määrät ja dimensioid. Näin huomattaisiin tietomallin puutteita ja virheitä helposti esimerkiksi elementtien numerointitietojen ja dimensioiden osalta. Organizeria tarkastelemalla nähtäisiin myös heti, onko suunnittelijoiden mallikuri kunnossa ja suunnittelevatko kaikki samojen suunnittelukäytäntöjen mukaisesti. Tekla Organizerin ja Status Toolin yhteiskäytöllä nähtiin myös mahdollisia hyötyjä. Aikataulutietojen lisääminen Status Toolilla ja hallinnoiminen Organizerilla olisi käytännöllistä niin, että myös suunnittelijat pääsisivät helposti tietoihin käsiksi ja pystyisivät tarkistamaan tietomallista elementtien suunnitellut aikataulut.



## 6 Tulosten arviointi

Tässä luvussa kerätään yhteen edellisen luvun haastatteluiden analysoidusta aineistosta saadut päätulokset tietomallipohjaisen suunnittelun kehitystarpeista urakka- ja toteutusvaiheen suunnittelussa. Tulosten käsittelyn jälkeen pohditaan, miten tietomallikäytäntöjä pystyttäisiin kehittämään enemmän projektipäällikköjen työtä tehostavaksi ja helpottavaksi. Lisäksi pohditaan aineiston riittävyyttä ja tulosten luotettavuutta. Luvussa 7 ”Johtopäätökset” on kiteytetty koko tutkielmassa saadut tulokset ja analysoidut tutkimuskysymyksien vastaukset.

### 6.1 Merkittävimmät löydökset

Tämän diplomityön ensimmäinen tutkimuskysymys koski teollisuuden betonielementtirakentamisen tietomallipohjaisen suunnittelun ongelmia sekä suunnittelijan, että projektipäällikön näkökulmasta. Toisella tutkimuskysymyksellä kartoitettiin vastausta siihen, minkä tyyppisiä ratkaisuja näille ongelmille olisi olemassa ja miten projektipäällikköiden tietomallin käyttöä pystyttäisiin tehostamaan.

Rakennesuunnittelijoiden mukaan suurimpina haasteina ja ongelmina tietomallipohjaisessa suunnittelussa koettiin suunnitteluohjelmien piirustuksien luomisen valmiit asetukset, piirustuksien taulukoiden ja raporttipohjien toimivuus sekä tietomallin muutosten hallinta. Tietomallin tarkastamiseen rakennesuunnittelijoilla ei ollut käytössä tietomallipohjaisia työkaluja. Projektipäällikköiden mukaan suurimmat ongelmat johtuvat rakennesuunnittelijoiden mallinnuskäytännöistä ja tietomallista saatavien raporttien toimivuudesta. Merkittävimmät löydökset voidaan täten jakaa kolmeen kategoriaan seuraavalla tavalla:

1. Piirustukset ja raportit
2. Muutostenhallinta
3. Tietomallin tarkastaminen

Alakappaleissa 6.1.1, 6.1.2 ja 6.1.3 on käyty näissä kategorioissa esille tulleet kehitystarpeet tarkemmin läpi.

#### 6.1.1 Piirustukset ja raportit

Piirustusten tekemisen automatisointi esimerkiksi kloonatessa betonielementtejä ei toimi kunnolla. Tämä johtuu usein siitä, että automatisoinnin asetukset on asetettu väärin. Erinäisten komponenttien lisääminen elementtiin sekoittaa automatisointien toimintaa ja komponenttien geometriat tai osien listaukset eivät toimi halutulla tavalla automatisointien kanssa. Vaikka Teklassa on jo valmiiksi sisällytettynä suuri määrä komponentteja ja automaattisia mallinnusapuja, niiden toimivuus piirustusten tekemisen, piirustuksien taulukointien ja raporttien kanssa ei ole yksiselitteistä.

Piirustusten automatisointi tulee toteuttaa siten, että piirustuksia luotaessa automatisointi toteuttaa tämän tutkielman kappaleessa 4 esitetyt standardit ja ohjeistukset piirustuksien ulkoasulle ja sisällölle. Piirustuksien luettavuuteen on kiinnitettävä huomiota ja sen takia piirustuksien tarkastaminen on aina tehtävä huolella, eikä tietomallipohjaisten sovellusten automatisoituihin piirustusten luonteihin tule koskaan luottaa täysin.

Piirustusten automatisointi esimerkiksi betonielementtejä kloonatessa vähentää suunnitteluun tarvittavaa aikaa ja työmäärää. Kuitenkin lähes aina vähänkin edellisestä elementistä poikkeavan elementin piirustuksen luominen joudutaan kloonauksen jälkeen korjaamaan lähes alusta alkaen, jotta siitä saataisiin käyttökelpoinen piirustus.

Tietomallissa suunniteltaessa mallinnuskäytäntöjen tulisi olla yhtenevät jokaisen mallintavan suunnittelijan kanssa. Jokaista projektia varten olisi luotava tietomallinnusohje. Tätä ohjetta seurattaessa rakenneosat mallinnettaisiin oikein ja siten, että raportteja ja listauksia tehtäessä vaadittavat tiedot rakenneosista löytyisivät oikeilta paikoiltaan ja siten tulostuisivat raportteihin oikein. BEC-kehityshanke on ajanut suunnittelutoimistot yhtenäistämään suunnittelukäytäntöjään sekä sisäisesti, että ulkoisesti muiden suunnittelutoimistojen kanssa kehittämällä Teklaan betonielementtirakenteiden raporttipohjia.

Rakennushankkeiden detaljit tehdään usein muilla suunnitteluohjelmilla kuin Teklalla ja niitä varten on olemassa kirjastoja. Piirustuksien luonti useammalla suunnitteluohjelmalla tuottaa ongelmia suunnitelmista tarvittavien luetteloiden ja raporttien luomiseen sekä ajan tasalla pitämiseen. Lisäksi detaljikirjastot tulisi olla päivitetty ja helposti löydettävissä sekä selattavissa aina uutta hanketta luotaessa.

### **6.1.2 Muutostenhallinta**

Muutosten hallinnassa törmätään usein ongelmaan, jossa tietomalli jostain syystä merkitsee jo valmiita piirustuksia muutetuiksi tai valmiiden elementtiosien raudoituksien numerointi on muuttunut. Nämä ongelmat johtuvat yleensä siitä, kun kaksi tai useampi suunnittelija on tehnyt muutoksia saman numerointisarjan alueella. Esimerkiksi rakennuksen samassa lohkoissa, jossa elementtitunnukset ja numerointi ovat samantyyppisille elementeille yhtenäinen. Raudoitusluetteloiden automatisointi muutoksien osalta olisi oiva lisäys Teklan piirustustilaan.

Elementtipiirustuksien raudoitustaulukoiden ja materiaalitaulukoiden muokattavuus on huono. Taulukoita ei pystytä jakamaan useampaan sarakkeeseen, taulukoista puuttuu tai niihin ei tulostu oikein tarvittavat asiat eikä taulukoiden sisältöä pysty muokkaamaan ilman, että muokataan Teklaan kovakoodattuja kenttiä. Tällöin taulukkopohjan muokaus vaatii laajempaa osaamista ja taulukon muokkaaminen vaikuttaa kaikkien kyseisellä piirustusohjelmalla tehtyjen elementtien taulukoihin. Vaikka piirustusluetteloille on olemassa valmiit pohjat Teklasta tulostamista varten, piirustusluetteloita joudutaan päivittämään käsin niin kauan, kuin piirustuksia tehdään vielä muilla suunnitteluohjelmilla kuin Teklalla. Teklasta saadaan kuitenkin tulostettua erilliset elementtiluettelot, jotka saadaan automaattisesti päivitettyä muutoksien osalta. Näihin elementtiluetteloihin olisi tarpeellista saada muutoksien korostaminen automatisoiduksi, jotta niitä ei tarvitsisi lähteä muokkaamaan käsin.

Muutoksia tehtäessä tietomallissa jo valmiille rakenteille, joudutaan elementtien kuvat usein uusimaan. Tämä johtuu siitä, että valmis elementti mallissa joudutaan vaihtamaan kokonaan uuteen, jolloin uuden kuvan luominen on välttämätöntä. Jos mallissa olevaa elementin geometriaa muokataan, elementin kuvassa joudutaan yksitellen uusimaan mitta- sekä muut merkinnät. Elementtikaaviot ja elementtipiirustukset joudutaan kaikki yksitellen päivittämään, jotta elementtikaavio merkinnät ja kuvien tietokentät saadaan vastaamaan uutta tilannetta. Näissä tapauksissa on törmätty kuvien tuhoutumiseen ja merkkien siirtymiseen pois paikaltaan, jolloin yksinkertainenkin elementtien päivittäminen voi lisätä työmäärää huomattavasti.



### 6.1.3 Tietomallin tarkastaminen

Tietomallissa rakenteiden törmäilyjen tarkastelu sekä rakennesuunnittelijoiden, että TATE-suunnittelijoiden välillä on yleisesti todettu tietomallinnuksen hyöty. Rakennesuunnittelijat toteuttivat tietomallin tarkastamista törmäystarkastelujen osalta seuraamalla tietomallissa oman suunnittelukohteen ympäristössä tapahtuvaa suunnittelua. Varsinaisia tietomallipohjaisia tarkastustyökaluja ei suunnittelijoilla ollut käytössä. Piirustuksien tarkastusta toteutettiin piirustusta tehdessä sekä tulostuksen jälkeen piirustuksen tarkastusvaiheessa.

Projektipäällikkö tarkastaa tietomallia yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa sekä itsestä tietomallin valmiusastetta ja rakenteiden törmäyksiä tarkastelemalla. Tietomallin visuaalinen tarkastelu on työlästä ja siinä jää helposti rakenteiden törmäilyjä ja ongelmakohtia huomaamatta. Ongelmaksi voidaan katsoa myös se, ettei projektipäälliköillä ole usein aikaa systemaattiseen tietomallin läpikäymiseen ja tarkastamiseen. Toteutusvaiheessa projektipäällikön tulisi käydä tietomalli detaljitasolla läpi rakennesuunnittelijoiden kanssa. Törmäystarkastelujen tekemiseen on olemassa IFC-pohjaisia ohjelmistoja, kuten esimerkiksi Navis, Solibri ja Tekla BIMsight. Nämä ohjelmat eivät kuitenkaan ole kaikki projektipäälliköiden käytössä, eikä projektipäälliköillä ole näihin ohjelmistoihin koulutusta tai käyttökokemuksia.

### 6.2 Kehitys ja työkalut

Tämän diplomityön kolmas tutkimuskysymys koski tietomallinnuskäytäntöjen kehittämistä löydettyjen ongelmien pohjalta. Miten tietomallinnuskäytäntöjä pystyttäisiin kehittämään ja yhtenäistämään urakka- ja toteutusvaiheen suunnittelussa.

Haastattelujen pohjalta voidaan todeta, että tietomallin muutoksenhallintaan tarvittaisiin käyttökelpoisia työkaluja. Automatisoidut revisiomerkinnot taulukoihin ja muutoksien automatisoitu korostaminen vähentäisivät muutoksien tekemisen työmäärää huomattavasti. Käytännölliseksi koettiin myös se, jos liittyviin piirustuksiin tulisi merkintä tehdyistä muutoksista automaattisesti, eikä niitä tarvitsisi päivittää jokaista erikseen. Jotta Teklan piirustusluetteloita pystyttäisiin tehokkaasti käyttämään, olisi muista suunniteluohjelmista luovuttava. Tämä taas tarkoittaisi sitä, että Teklan piirustustilan pitäisi palvella detaljisuunnittelua tehokkaammin ja olla joustavampi yksilöllisiä rakennepiirustuksia tehtäessä.

BIM-koordinaattorin tarve isoissa projekteissa tietomallin päivittämisen, kunnon tarkastamisen ja eri suunnitteluosapuolten mallien yhteensovittamisen osalta nousi haastatte- luissa esille. BIM-koordinaattorien työ koetaan tietomallipohjaisen suunnittelun yleisty- essä tärkeäksi projektien läpiviennin kannalta. BIM-koordinaattorin työnkuva ja tehtä- vät ovat vielä kehitys asteella, vaikka tehdyissä tutkimuksissa ja kirjallisuudessa on vii- tattu kyseisen työtekijän tarpeellisuuteen (Korpela 2011, Eastman ym. 2011). BIM- koordinaattorin työnkuvaan tulisi kuulua vain tietomallin kehittäminen, ylläpito ja tie- tomallin törmäystarkastelut, eikä tietomallikoordinaattoria tulisi työllistää muilla suun- nittelun tehtävillä. Nykyisin useimmat suunnittelualan yritykset ovat alkaneet etsiä tie- tomalliasiantuntijoita ja tietomallikoordinaattoreita yrityksiinsä. Myös rakennusalan korkeakoulut ovat ottaneet opintoihinsa sisään tietomallikoordinaattorin opinnot, jotka sisältävät tietomallintamisen suunnittelun, toimeenpanon ja valvonnan opintoja (Metro- polia.fi 2017).

Kuten aikaisemmatkin tutkimukset osoittavat, on tietomallissa toimivien suunnittelija-osapuolien suunnittelukäytäntöjä yhtenäistettävä. Tietomallinnuskäytännöissä on päästävä eroon vanhoista toimintatavoista ja yhteistyökäytännöistä (Mäki 2012). Tämän lisäksi myös yksittäisten suunnittelijoiden suunnittelukäytäntöjä on yhtenäistettävä. Tietomallin suunnittelukäytäntöjä yhtenäistämällä tietomallin hallinnoiminen ja tarvittavien piirustusten sekä raporttien tulostaminen pystyttäisiin optimoimaan. Törmäystarkastelujen tekemisen pelisäännöt, työnjako ja vastuukysymykset tulisi selvittää jokaisessa projektissa erikseen. Tutkielmaa varten tehdyissä haastatteluissa esiteltiin lisäksi kaksi tietomallipohjaista sovellusta projektipäälliköille ja haastateltavilta kysyttiin näkevätkö he nämä työkalut heidän työtään helpottaviksi.

Betonielementtiprojektin projektipäälliköille käytännöllisiä työkaluja olisivat tehtyjen haastattelun perusteella Teklan sovellukset Status Tool ja Tekla Organizer. Näiden sovelluksien käyttö osoittautuivat projektipäällikön työtä helpottaviksi ja käytännöllisiksi työkaluiksi. Status Tool auttaisi tietomallin valmiusasteen tarkastelussa ja projektin elementtisuunnittelun etenemisen valvomisessa. Status Tool auttaisi myös valmiusasteiden raportoinnissa tilaajalle ja visuaalisessa esittelyssä. Tekla Organizer helpottaisi tietomallin betonielementtien tarkastusta ja listauksien sekä raporttien tekemistä. Organizerilla pystyttäisiin tarkastelemaan ja eliminoimaan virheitä elementtien numerointi- ja tunnistiedoissa, dimensiossa sekä määrissä. Myös Tekla Organizerin rakennuksen lohkojaotteluominaisuus koettiin hyödylliseksi ja helpoksi tavaksi hallinnoida tietomallinnettavan rakennuksen lohkoja. Status Toolin ja Organizerin yhteiskäytölläkin koettiin olevan hyötyä esimerkiksi, kun tarvitaan listauksia tietomallin elementtien valmiusasteista.

Suunnittelijoiden tietomallinnuskäytäntöjä tulisi kehittää siten, että betonirakenteiden suunnittelussa otettaisiin huomioon näiden sovelluksien käyttö ja niihin vaadittavat tiedot. Suunnittelijan vastuulle tulisi huolehtia, että vaadittavat tiedot löytyvät tietomallin elementeistä. Näiden sovelluksien käyttöönotto tulisi toteuttaa koko suunnittelutoimistossa yhtenäisesti ja laajamittaisesti jokaiseen uuteen alkavaan projektiin. Sovellusten käytöstä tulisi järjestää koulutuksia ja velvoittaa mallintavat suunnittelijat käyttämään näitä sovelluksia esimerkiksi mallinnuskäytäntöjä kehittämällä ja mallinnusohjeita tehdä.

### **6.3 Aineiston luotettavuus**

Laadullisessa eli kvalitatiivisessa tutkimuksessa otanta on harkinnan vaaraista ja tutkittavia yksilöitä ei valita kovin suurta määrää (Eskola 1998). Tällöin aineiston laadulla on suurempi painoarvo kuin esimerkiksi määrällisessä tutkimuksessa. Aineiston luotettavuus laadullisessa tutkimuksessa on arvioitavissa aineiston riittävyyden avulla. Aineiston riittävyyttä voidaan laadullisessa tutkimuksessa arvioida kylläntymisen avulla. Kylläntyminen tarkoittaa, että kun uudet tapaukset eivät tuo enää tutkimusongelman kannalta uutta tietoa vaan alkaa toistaa itseään. Tällöin on järkevää ajatella aineistoa olevan tarpeeksi. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2009)

Tutkimuksen aineisto koostui haastatteluista. Haastateltavien työkokemuksen ja koulutuksen perusteella voidaan todeta, että haastateltavien ammattitaito oli tutkimuksen kannalta tarpeeksi hyvä, jotta haastatteluiden aineistoa voidaan pitää luotettavana. Haastatteluja tehtiin yhteensä kahdeksan kappaletta, joista neljä tehtiin rakennesuunnittelijoille ja neljä tehtiin projektipäälliköille. Haastatteluja analysoitaessa kävi ilmi, että tutkimuksen aineisto oli laajuudeltaan riittävä. Aineisto riittävyyteen päädyttiin sillä perusteella, että tutkimuskysymyksien vastaukset olivat tutkimuksen molempien osapuolten sisällä samansuuntaiset ja yksittäisen haastateltavan vastaukset haastattelukysymyksiin tukivat muiden haastateltavien vastauksia. Toisin sanoen samat kehitystarpeet nousivat esille jokaisessa haastattelussa.

Yhteneväsyyksiä haastattelujen sisällöstä löytyi myös yli osapuolten rajojen. Sekä rakennesuunnittelijat, että projektipäälliköt toivat esille samoja kehitystarpeita tietomallipohjaisen suunnittelun toteuttamisessa ja ehdottivat samantyyppisiä ratkaisuja ongelmien selvittämiseksi. Tämä omalta osaltaan tukee haastatteluaineiston riittävyyttä tutkimustyön aineistona.

## 7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen luvuissa 2-4 käytiin läpi tietomallipohjaisen suunnittelun tilanne ja hyödyt rakennesuunnittelun projektinjohtamisessa sekä betonielementtirakenteiden suunnittelun asiakirjojen vaatimukset. Luvuissa 5 ja 6 kerrottiin tutkimuksen haastatteluvaiheen toteutus ja analysoitiin haastatteluista saatu aineisto. Luvussa 6 pohdittiin ja vastattiin diplomityön tutkimuskysymyksiin tietomallipohjaisen suunnittelun ongelmista ja projektipäällikön tietomallipohjaisen työn tehostamisesta. Tämä luku 7 kiteyttää tutkimuksen tulokset sekä selvittää tulevaisuuden jatkotutkimuksien ja kehityshankkeen vaihtoehtoja. Tutkimuskysymyksien syvempi analysointi on toteutettu edellisessä luvussa.

Tutkimuskysymykset kiteytettiin kolmeen osaan seuraavasti:

1. Mitkä ovat teollisuuden betonielementtirakentamisen tietomallipohjaisen suunnittelun kehitystarpeet sekä suunnittelijan, että projektipäällikön näkökulmasta.
2. Minkä tyyppisiä ratkaisuja näille ongelmille olisi olemassa ja miten projektipäälliköiden tietomallin käyttöä pystyttäisiin tehostamaan?
3. Kuinka tietomallinnuskäytäntöjä tulisi löydettyjen ongelmien pohjalta kehittää tulevaisuudessa?

Tietomallipohjaisessa betonielementtisuunnittelussa suurimmat kehitystarpeet ovat tietomallin piirustustilan, piirustusten luomisen ja kloonaamisen automatisoinnin valmiissa asetuksissa. Tietomallipohjaisen betonielementtisuunnittelun automatisoituja asetuksia tulisi kehittää yhteistyössä tietomallisovelluksen kehittäjän kanssa. Yritysten olisi tarpeellista kehittää tietomallinnussoftaa yhteistyössä softan kehittäjän kanssa omia tarpeita vastaavaksi. Tämä kuitenkin maksaa yritykselle ja sen takia sitä ei yleensä tehdä. Automatisoinneilla ja kloonausasetuksien hiomisella pystytään tehostamaan betonielementtien suunnittelua huomattavasti. Tietomalliin lisättyjen valmiiden komponenttien kirjastoa tulisi päivittää jatkuvasti ja komponenttien toimintaan piirustusasetuksien kanssa tulisi kiinnittää huomiota päivityksiä tehtäessä. Komponenttien kehittäjien eli usein valmistajien, tulisi tehdä komponentit yhteistyössä Teklan kanssa siten, että komponenttien tiedot tulostuisivat oikealla tavalla Teklan valmiisiin piirustus pohjiin ja taulukoihin.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa ei ole tarpeeksi joustavaa piirustustilaa detaljisuunnittelua varten ja dwg-pohjaiset detaljikirjastot eivät ole aina projektia avattaessa päivitettyinä tai helposti löydettävissä. Tietomalliin tulisi saada joustava piirustustila, jossa pystyttäisiin muokkaamaan esimerkiksi dwg-pohjaisia detaljipiirustuksia sekä luomaan ja helposti muokkaamaan detaljeja ilman, että niitä tarvitsisi avata toisessa sovelluksessa. Tämä helpottaisi esimerkiksi muutoksien tekemisessä, jos detaljin ympäröivien rakenteiden dimensiot muuttuvat. Lisäksi detaljipiirustuksien liittäminen Teklan ympäristöön mahdollistaisi detaljipiirustusluetteloiden tulostamisen elementtipiirustusluetteloiden tapaan Teklasta.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa raporttien ja listauksien tuottamisen ongelmat johtuvat mallintavien suunnittelijoiden mallinnuskäytäntöjen eroista ja mallinnusohjeiden puutteesta, tai siitä ettei mallinnusohjetta seurata tarpeeksi tarkasti. Suunnittelijoille tulisi luoda projektikohtaisesti yhtenäiset mallinnussäännöt ja –käytännöt ja vaatia niiden tarkkaa seuraamista suunnittelua ja mallinnusta tehdessä. Kun kaikki suunnittelijat seuraavat mallinnussääntöjä, tietomallin automatisoidut listaukset ja raporttipohjat toimivat tarvittavalla tavalla. Raporttien ja listauksen tekemistä varten on olemassa sovelluksia, joiden käytöstä projektipäälliköillä ei ole koulutusta. Näistä sovelluksista tulisi järjestää koulutuksia ja tietoisuutta niiden hyödyistä tulisi lisätä projektipäälliköiden keskuudessa. Koulutus pystyttäisiin toteuttamaan yrityksen sisällä siten, että projektin BIM-koordinaattori loisi ohjeet ja pitäisi lyhyen koulutuksen yhtenäisesti. Tämän jälkeen projektipäälliköt opettelisivat ja kehittäisivät taitojaan projektin yhteydessä. Tämä koulutusmalli soveltuisi hyvin yrityselämään, eikä resursseja tarvitsisi tuhata koko päivän kestäviin ulkoisiin koulutuksiin.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa piirustuksien muutoksien tekeminen on helpompaa kuin CAD-pohjaisessa suunnittelussa, mutta muutosten hallinnassa törmätään ongelmiin. Valmiiksi suunnitellun rakenteen muuttaminen aiheuttaa usein ongelmia piirustuksien tulostamiseen. Rakenteen geometrian muuttaminen on helppoa ja yksinkertaista, mutta piirustustilan räätälöidyt merkinnät joudutaan lähes poikkeuksetta luomaan uudestaan käsipelillä rakenteiden muuttamisen jälkeen. Näiden ongelmien poistaminen tietomallin piirustustilasta on lähes mahdotonta ja siksi piirustuksien yksinkertaisten muutosten tekeminen ei ole aina suotavaa tietomalliohjelmistolla. Muutostenhallinnan ongelmia on avattu tarkemmin tutkielman kappaleessa 6.1.2. Tietomallin pohjaiseen suunnitteluun olisi tarjolla yksinkertaisia sovelluksia, joilla muutosten hallintaa pystyttäisiin tehostamaan. Näistä ohjelmista esimerkkinä Status Tool, jolla pystytään seuraamaan elementtien valmiusastetta ja muutosten tarvetta. Muutostenhallinnan sovelluksista tulisi järjestää koulutuksia ja lisätä suunnittelutoimiston projektipäällikölle tietoisuutta näiden sovellusten olemassa olosta ja hyödyistä. Näiden ohjelmistojen käytöstä järjestettävät koulutukset voisivat olla yrityksen sisäisiä ja itsenäisen harjoittelun voisi toteuttaa projektin yhteydessä.

Tietomallia tarkastamista toteutetaan sekä suunnittelijan, että projektipäällikön toimesta, mutta tietomallin törmäystarkastelujen tekeminen eri suunnitteluosapuolten välillä on vielä vähäistä ja ontuvaa. Tietomallin tarkastamiseen on olemassa työkaluja, mutta niiden käyttöosaaminen on vähäistä projektipäälliköiden keskuudessa. Tietomallin valmiusasteen tarkasteluun ja raportointiin on käyttöön otettavissa yksinkertaisesti toimiva liitännäinen, jonka käyttö tulisi aloittaa suunnittelutoimiston jokaisessa osastossa ja sen käyttämistä tulisi vaatia kaikissa betonielementti projekteissa. Lisäksi BIM-koordinaattorin työtehtävät tulisi määritellä enemmän painottumaan pelkästään tietomallien koordinoinnista, kehittämisestä, ylläpidosta, huollosta ja törmäystarkasteluista vastaavaksi. BIM-koordinaattorin työalueeseen kuuluisi tietomallin ja yrityksen tietomalliympäristön kehittämisen ja ylläpidon lisäksi tietomallinnuskäytäntöjen ja tietomallinnusohjeiden luominen sekä yrityksen sisäisten koulutuksien pitäminen. BIM-koordinaattorin tulisi hoitaa yhteyttä ja kehitystyötä softan kehittäjätahon kanssa siten, että yrityksen tarpeisiin vastaavia työympäristöjä ja komponentteja pystyttäisiin tuottamaan.

Tapaustutkimuksen yrityksen tietomallipohjaisen betonielementtisuunnittelun kehittämishankkeen kannalta tarpeellisia insinööriyön aiheita voisivat olla esimerkiksi eri elementtityyppien tietomallin piirustusasetuksien päivittäminen ja kehittäminen siten, että automatisoitu elementtipiirustuksien kloonaaminen ja luominen toimisi tehokkaasti virheet automatisoidusti luoduissa piirustuksissa minimoiden. Jatkotutkimuksien ja kehitystyön aiheita voisivat olla esimerkiksi elementtityypeittäin tietomallipohjaisen suunnittelun tehostaminen. Pöyry Finlandilla on aikaisemmin tehty tietomallipohjaisen suunnittelun kehityshankkeessa vastaavanlainen insinööriyö seinäelementtien tietomallipohjaisen suunnittelun kehittämisestä.

Sekä yleisellä tasolla, että tapaustutkimuksen yrityksessä kehitystä tarvitaan myös tietomallikoordinaattorin työnkuvaan ja vastuisiin. Yksilöidympää tutkimusta voitaisiin lisätä eri suunnittelualojen yhteen liittämistä tietomallinnetussa ympäristössä sekä siten törmäystarkastelujen ja suunnittelun yhteistyön toimivuuden tehostamisesta. Yksi lisätutkimuksen aihe voisi olla betoni- ja teräselementtirakenteiden suunnittelun toimivuus yhtenäisessä tietomallissa. Pääsuunnittelijalla on yleisesti tärkeä rooli mallinnushankkeessa ja teollisuuden hankkeissa pääsuunnittelua hoitaa usein hankkeen rakennesuunnittelija tai pääsuunnittelu tapahtuu rakennesuunnittelijan ehdoilla.

## Lähdeluettelo

Allison H. 2010. 10 Reasons Why Project Managers Should Champion 5D BIM Software. VICO Software. [Viitattu 10.3.2017]. Saatavissa:

<http://www.vicosoftware.com/vico-blogs/guest-blogger/tabid/88454/bid/27701/10-Reasons-Why-Project-Managers-Should-Champion-5D-BIM-Software.aspx>.

Betoniteollisuus ry. 2014. Elementtisuunnittelun mallinnusohje. [Viitattu 20.3.2017] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/>.

Betoniteollisuus ry. 2013. BEC-luettelot tietomallista. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>.

BillerudKorsnäs. 2016. BillerudKorsnäs makes strategic investment in Gruvön. [Viitattu 10.5.2017]. Saatavissa: <https://www.billerudkorsnas.com/media/press-releases/2016/billerudkorsnas-makes-strategic-investment-in-gruvon>.

buildingSMART, International home of open BIM. IFC introduction. [Viitattu 13.3.2013]. Saatavissa: <http://buildingsmart.org/ifc/>.

buildingSMART, Finland. Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012. [Viitattu 13.3.2017]. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>.

Byrne, D & Broquetas, M & Volm J.M. 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management. [Verkkolehti] Vol. 31:7. S. 971-980. [Viitattu 10.3.2017]. ISSN: 0263-7863. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786312001779#bb0010>.

Eastman, C & Teicholz, P & Sacks, R & Liston, K. 2011. BIM Handbook, A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2<sup>nd</sup> ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 626 s. ISBN 978-0-470-54137-1.

Eklund, E. 2011. Rakennesuunnittelun toimintamalli integroidun BIM-projektin toteutusvaiheessa. Insinööritoimisto Metropolia, Rakennustekniikka. 49 s.

Elementtisuunnittelu.fi. 2017. Suunnitteluprosessi. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi>.

Elementtisuunnittelu.fi. 2013. CE-merkintä. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-toimitus/ce-merkinta>.

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere; Vastapaino. 268 s. ISBN 951-768-035-X.

Karner, I & Sacks R & Kassian W & Quitt T. 2008. Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms. ITcon, vol. 13, S. 303-323. Saatavissa: <http://itcon.org/paper/2008/21>.

Korpela, J. 2011. Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennushankkeen eri osapuolten näkökulmasta. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Rakentamistalous. 66 s.

Metropolia.fi. 2017. Tietomallikoordinaattori. [Viitattu 27.10.2017]. Saatavissa: <http://www.metropolia.fi/koulutukset/taydennyskoulutus/tekniikka/tietomallikoordinaattori-koulutus/>.

Mäki, T & Sami, P & Kerosuo, H & Miettinen, R. 2012. Tietomallintamisen käytöt rakentamisessa. Helsingin yliopisto. [Viitattu 6.9.2017]. Saatavissa: [http://www.helsinki.fi/cradle/bim/maki-et-al-2012-Tietomallintamisen\\_kaytot\\_rakentamisessa.pdf](http://www.helsinki.fi/cradle/bim/maki-et-al-2012-Tietomallintamisen_kaytot_rakentamisessa.pdf).

NBIMS. 2015. National Building Information Modelling Standards: Transforming the Building Supply Chain Through Open and Interoperable Information Exchanges. United States: National Institute of Building Sciences.

Harmanen, M. 2010. Betonielementtikohteiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi. Betoni-lehti, 1/2010. s. 50-53. [Viitattu 20.3.2017] Saatavissa: <http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1001-50-53.pdf>.

Hytönen, Y & Seppänen, M. 2009. Tehdään elementeistä, Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki: SBK-säätiö. 332 s. ISBN: 978-952-92-5772-0.

Pöyry PLC. 2015. Project Management Guidelines. [Viitattu 24.3.2017]

Rakennustieto RT. 2013. RT 10-11128 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. [Viitattu 22.2.2017]. Saatavissa: [http://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/rak\\_case-p-e4iv-e4koti.pdf](http://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/rak_case-p-e4iv-e4koti.pdf).

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2009. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. [Viitattu 4.9.2017]. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/index.html>.

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2017. [Viitattu 9.5.2017]. Saatavissa: <https://www.sfs.fi/>.

SFS-EN 4172. 1996. Technical drawings. Construction drawings. Drawings for the assembly of prefabricated structures. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 11 s. Saatavissa: <https://www.sfs.fi/>.

SFS-EN ISO 7200. 2004. Technical product documentation. Data fields in title blocks and document headers. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 6 s. Saatavissa: <https://www.sfs.fi/>.

SFS-EN ISO 7437. 1990. Technical drawings. Construction drawings. General rules for execution of production drawings for prefabricated structural components. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 3 s. Saatavissa: <https://www.sfs.fi/>.



Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö. 1991. Betonielementti-CAD: BEC. Helsinki: Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö. 400 s.

Suomen Betonitieto. 1998. Betonijulkisivujen materiaali- ja valmistustekniikka. Helsinki: Suomen Betonitieto. 96 s. ISBN: 952-5075-12-5.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 2013. RIL 229-1 2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Tekstiosa. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 173 s. ISBN 978-951-758-566-8 (nid.), ISBN 978-951-758-567-5 (pdf), ISSN 0356-9403.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 2013. RIL 229-2-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Mallipiirustukset ja -laskelmat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 152 s. ISBN 978-951-758-570-5, ISBN 978-951-758-571-2 (pdf), ISSN 0356-9403.

Smith, D & Tardif, M. 2009. Building Information Modelling, A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers. Hoboken, -New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 186 s. ISBN 978-0-470-25003-7.

Tuominen J. 2012. Pääsuunnittelijan rooli teollisuusrakentamisessa – Erityispiirteitä ja ongelmia. Helsinki: Aalto-yliopisto. 24 s. ISBN 978-952-60-4496-5 (pdf), ISSN-L 1799-4950, ISSN 1799-4969 (pdf). Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/CROSSOVER/2012/isbn9789526044965.pdf>.

Vuopala, E. 2015. Tietomallipohjaisen suunnittelun johtaminen. [Viitattu 15.4.2017]. Saatavissa: [http://www.aaltopro.fi/sites/default/files/vuopala\\_erkki\\_projektityo.pdf](http://www.aaltopro.fi/sites/default/files/vuopala_erkki_projektityo.pdf).

Ympäristöministeriö. 2016. Ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden\\_lujuus\\_ja\\_vakaus](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus).

Ympäristöministeriö. 2017. CE-merkintä. [Viitattu 5.4.2017]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/CEmerkint](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkint).

## **Liiteluettelo**

1. Haastattelu rakennesuunnittelijalle. 2 sivua.
2. Haastattelu projektipäällikölle. 3 sivua.
3. Tekla Structures 2017 Organizer ja Status Tool. 14 sivua.
4. SFS-EN ISO standardit betonielementtirakenteiden piirustuksissa. 7 sivua.

## Liite 1

# HAASTATTELU RAKENNESUUNNITTELIJALLE

### Sisälllys

KONTEKSTI .....	2
ALUSTAVAT KYSYMYKSET .....	2
HAASTATTELUKYSYMYKSET .....	2
<i>Yleisesti:</i> .....	2
<i>Urakkavaihe:</i> .....	2
<i>Toteutusvaihe:</i> .....	2

## **Haastattelu rakennesuunnittelijalle**

### **KONTEKSTI**

- Esittelen itseni.
- Kerromme mistä diplomityössä on kyse, työn tarkoitus ja tavoitteet.
- Kysyn haastateltavalta, onko haastattelun tallentaminen suotavaa.
- Onko haastateltavalla kysyttävää haastatteluun liittyen?

### **ALUSTAVAT KYSYMYKSET**

- Nimi
- Ikä
- Koulutus
- Ammatillinen tausta

### **HAASTATTELUKYSYMYKSET**

#### **Yleisesti:**

- Mikä piirustuksien tekemisessä Teklalla vie aikaa?
- Mihin ongelmiin olet törmännyt piirustuksien tekemisessä Teklalla?
- Käytättekö valmiita asetuksia ja pohjia piirustuksien ja raporttien tekemisessä?
- Minkälaisia valmiita asetuksia voisi olla tai toivoisit olevan?
- Minkälaisia ongelmia on ilmennyt piirustuksien taulukoiden kanssa?
- Minkälaisiin vaikeuksiin olet törmännyt kuvien muutoksenhallinnan (ja muutoksien tekemisen) yhteydessä?
- Kuinka tarkastat tietomallia?
- Mihin ongelmiin olet törmännyt suunnitelmien muutoksia tehdessä?

#### **Urakkavaihe:**

- Mitä piirustuksia olet tehnyt elementtisuunnittelussa urakkavaiheessa?
- Mitä raportteja olet tulostanut tietomallista urakkavaiheessa?
- Mikä raporttien tekemisessä vie aikaa?
- Mihin ongelmiin olet törmännyt näitä tulostaessa?

#### **Toteutusvaihe:**

- Mitä piirustuksia olet tehnyt elementtisuunnittelussa toteutusvaiheessa?
- Mitä raportteja olet tulostanut tietomallista toteutusvaiheessa?
- Mikä raporttien tekemisessä vie aikaa?
- Mihin ongelmiin olet törmännyt näitä tulostaessa?

## Liite 2

# HAASTATTELU PROJEKTIPÄÄLLIKÖLLE

### Sisälllys

KONTEKSTI .....	2
ALUSTAVAT KYSYMYKSET.....	2
HAASTATTELUKYSYMYKSET.....	2
<i>Yleisesti:</i> .....	2
<i>Urakkavaihe:</i> .....	3
<i>Toteutusvaihe:</i> .....	3
<i>Tekla Organizer ja Status Tool (esittely ja pari kysymystä):</i> .....	3

## Haastattelu projektipäällikölle

### **KONTEKSTI**

- Esittelen itseni.
- Kerromme mistä diplomityössä on kyse, työn tarkoitus ja tavoitteet.
- Kysyn haastateltavalta, onko haastattelun tallentaminen suotavaa.
- Kysyn onko haastateltavalla kysyttävää haastatteluun liittyen.

### **ALUSTAVAT KYSYMYKSET**

- Nimi
- Ikä
- Koulutus
- Ammatillinen tausta

### **HAASTATTELUKYSYMYKSET**

#### **Yleisesti:**

- Mitä ohjelmistoja käytät työssäsi?
- Miten hyödynnät tietomallia työssäsi urakkavaiheessa/toteutusvaiheessa?
- Mihin ongelmiin olet törmännyt, kun olet yrittänyt saada tietoa tietomallista?
  
- Mitä dokumentteja tietomallista tarvitsee tuottaa? Mitä niistä ei saa tietomallista? (elementtityöselostukset yms.)
- Onko näihin dokumentteihin valmiita pohjia?
- Onko valmiille detaljeille ja dokumentinpohjille olemassa kirjastoa?
- Millainen dokumenttikirjasto olisi käytännöllinen? (esim. detaljeille yksittäinen dwg-tiedosto vai kansio jossa kaikki erikseen)
- Kuka valitsee projektin detaljit?
- Mitä tietoja piirustusluetteloista pitäisi selvittää?
- Minkälaista tietoa tarvitset tietomallista, jos et esimerkiksi käytä tietomallia itse työssäsi?
- Onnistuisiko raporttien tulostaminen tietomallista itsenäisesti?
- Minkä takia Pöyryn omaa asiakirjanumeroa/piirustusnumeroa tarvitaan projektien yhteydessä?
  
- Kuinka tarkastat tietomallia tällä hetkellä?
- Minkälaisiin ongelmiin olet törmännyt suunnitelmien muutoksia tehdessä ja hallinnoidessa?
- Minkälaisille muutostenhallinta ja tarkastus työkaluille olisi tarvetta?

### **Urakkavaihe:**

- Mitä tietoa tietomallista tarvitaan projektin urakkavaiheessa?
- Millaista tietoa joudutte etsimään Excel-tiedostoista?
- Millaisesta tietomallista saatavasta tiedosta olisi hyötyä?
- Mitä ei nyt saa, tai on hankalasti tavoitettavissa, mutta olisi tarpeellista saada?

### **Toteutusvaihe:**

- Mitä tietoa tietomallista tarvitaan projektin toteutusvaiheessa?
- Millaista tietoa joudutte etsimään Excel-tiedostoista?
- Millaisesta tietomallista saatavasta tiedosta olisi hyötyä?
- Mitä ei nyt saa, tai on hankalasti tavoitettavissa, mutta olisi tarpeellista saada?

### **Tekla Organizer ja Status Tool (esittely ja pari kysymystä):**

- Olisiko tämän tyyppisille ohjelmille käyttöä teidän työssänne?
- Näetkö, että näillä ohjelmilla saisi helpotettua jotain osa-aluetta työssänne?
- Mitä ajatuksia tai parannusehdotuksia teillä olisi näihin ohjelmiin?

## Liite 3

# TEKLA ORGANIZER JA STATUS TOOL

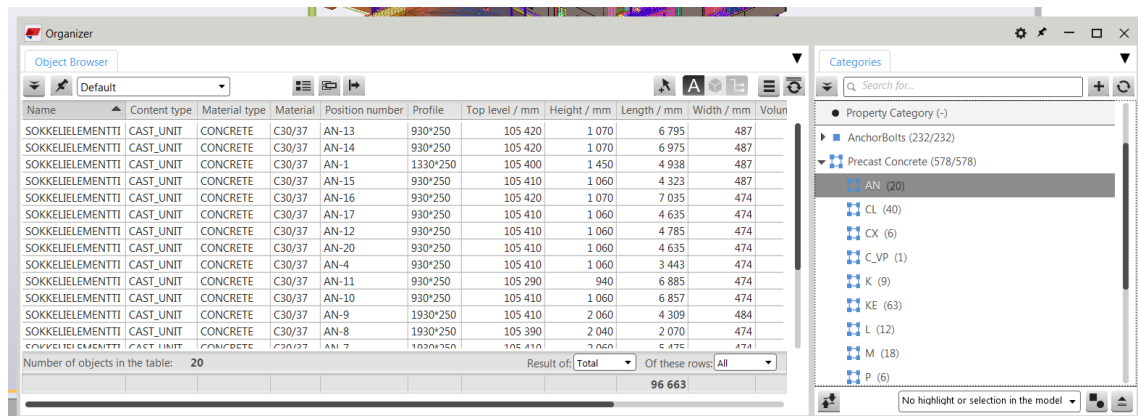
### Sisällys

TEKLA ORGANIZER .....	2
TEKLA ORGANIZERIN KÄYTTÖ .....	5
<i>Tekla 2017 ja Organizerin synkronoiminen</i> .....	5
<i>Tietomallin jako lohkoihin</i> .....	6
<i>Listauksien tekeminen ja vieminen Exceeliin</i> .....	9
<i>Listauksien muokkaaminen</i> .....	11
STATUS TOOL JA SEN KÄYTTÖ .....	12



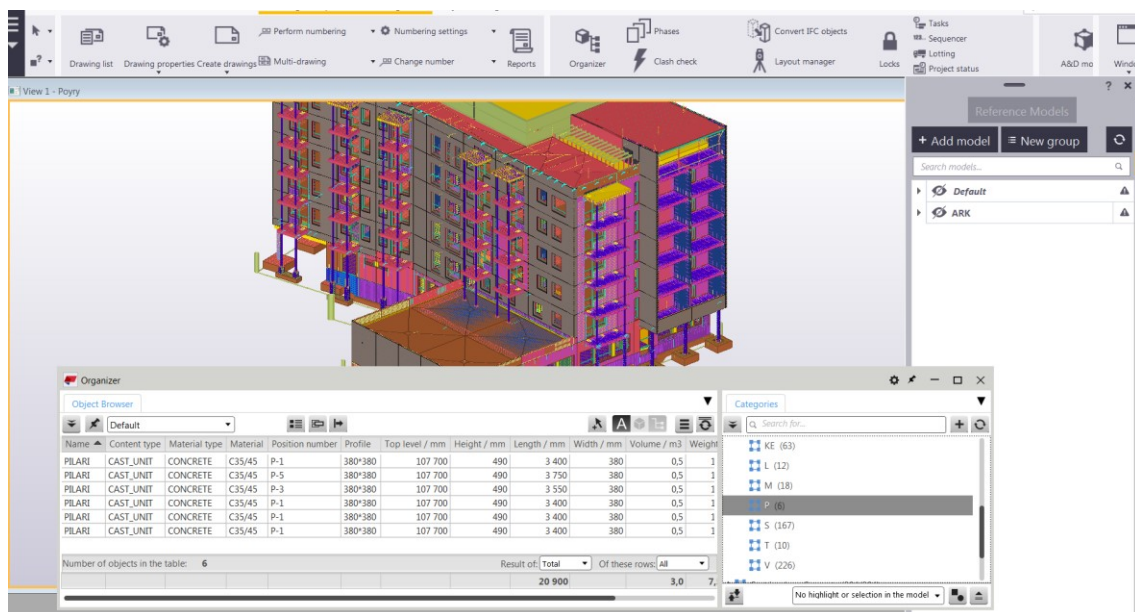
## Tekla Organizer

Tekla Organizer on Tekla Structures ohjelmistoon kehitetty liitännäinen, jolla pystytään hallitsemaan tehokkaasti tietomalliin sisällytettyä informaatiota, yksittäisten rakenneosien ominaisuuksia ja rakenneosien luokituksia. Organizer sovelluksella pääsee käsiksi kaikkien tietomallissa olevaan informaatioon mukaan lukien IFC-tietoihin. Tekla Organizer toimii mallin kanssa synkronoidusti ja siten se on aina ajantasalla. Organizerilla mallista saadaan välitöntä palautetta ja raporttien luonti onnistuu helposti. Organizeriin kuuluu kategoriat rakenneosien luokitteluun ja ryhmittelyyn eri käyttötarkoituksia varten ja ”Object Browser” ajantasaiseen tarkasteluun ja valittujen rakenneosien ominaisuuksien raportointiin (Kuva 1). Organizerissa voi järjestää mallin rakenneosioita kategorioihin sijainnin perusteella tai luoda täysin customoituja kategorioita omien tarpeiden mukaan. (Tekla Structures 2017)



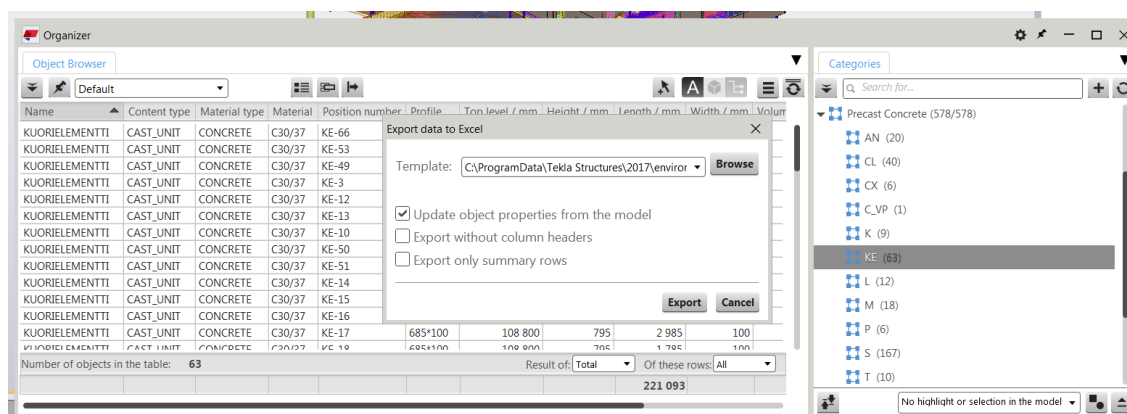
Kuva 1 Tekla Organizer kategoriat ja ”Object Browser” näkymät.

Tekla Organizerilla voidaan jaotella rakenneosia esim. elementtityypeittäin, kuten kuvassa (Kuva 2). Organizerin valikosta voidaan valita, että halutaanko mallista korostaa tietomalliin valitut osat, valita osat aktiivisiksi vai sekä korostaa, että aktivoida. Rakenneosat voidaan erotella rakennuksittain, lohkoittain ja kerroksittain tarkasteltavaksi. Tekla Organizerin kategorioiden ja ”Object Browser” –valikossa näytettävien ja myöhemmin tulostettavien tietojen sisältö voidaan räätälöidä tarpeita vastaavaksi. Valmiiden kategorioiden luominen käyttöympäristöön on aikaa vievää hommaa, mutta kerran kunolla tehtynä Tekla Organizer on tehokas ja nopea työkalu sekä urakalaskenta/hankevaiheen, että toteutusvaiheen suunnittelunohjaukseen ja raporttien tekemiseen. Tekla Organizer toimii myös erittäin hyvänä mallin tarkistamisen työkaluna. Tekla Organizerin toimivuuden kannalta on tärkeää, että kaikkien suunnittelijoiden mallinnus tapahtuu sovitulla tavalla ja projektia varten tehdyn mallinnusohjeen mukaisesti.



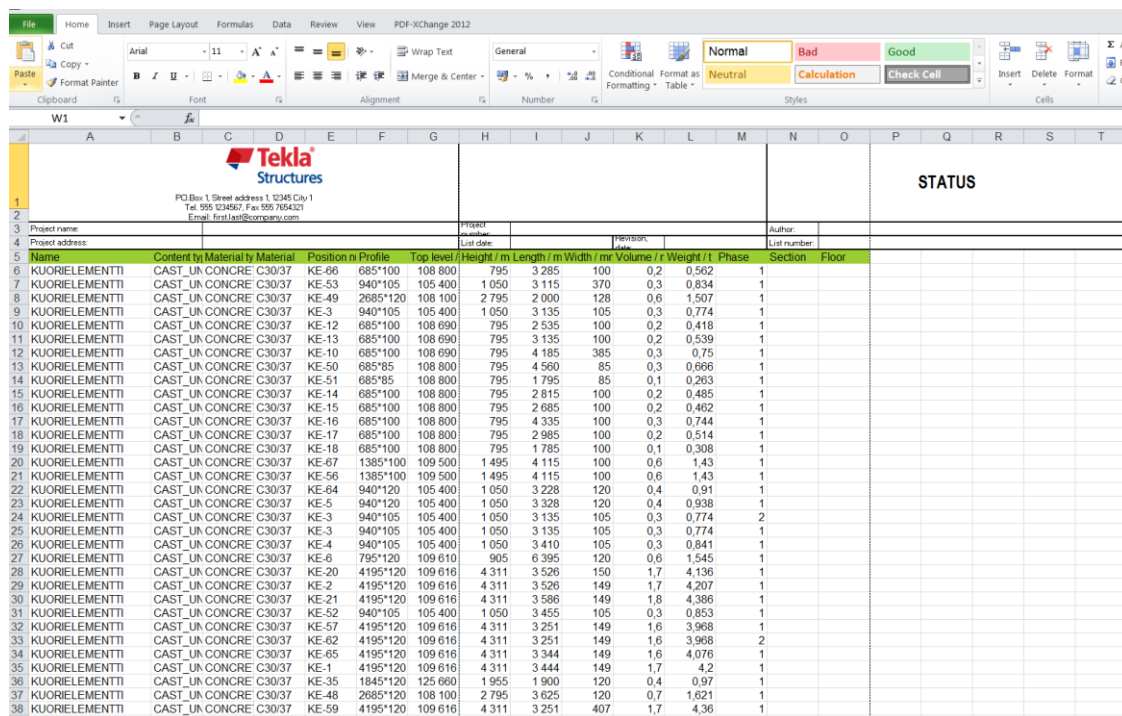
Kuva 2 Tekla Organizer valikko ja mallinäkömää elementtejä valittaessa.

Valituista rakenneosista pystytään tulostamaan raportteja halutuilla asetuksilla ja ominaisuuksilla (Kuva 3). Raporttien tulostaminen tapahtuu painamalla ”Object Browser” –ikkunan yläreunan keskivaiheilla sijaitsevaa ”Export” –painiketta ja valitsemalla avautuvasta ikkunasta Excel-raporttipohja, jolle raportti halutaan tulostaa. Tällä tavalla raportit viedään Excel muodossa valmiiseen Excel-raporttipohjaan, joka on etukäteen muokattu projektille sopivaksi raportiksi. Raporttipohjia voidaan luoda moneen eri käyttötarkoitukseen esim. seinä-, palkki- pilarielementeille, valuysiköille tai vaikka raudoitteille.



Kuva 3 Raportin vieminen Exceliin Tekla Organizerista.

Raporttipohjien luominen tarpeita vastaavaksi on suositeltavaa, sillä Tekla Organizerin valmiit raporttipohjat ovat puutteellisia eivätkä usein vastaa käyttötarpeita. BEC-kehityshankkeessa on tavoitteena luoda suunnittelutoimistoille yhteiset ja Teklassa toimivat raporttipohja-asetukset. Kuvassa (Kuva 4) on esitetty Tekla Organizerista tuodut tiedot Teklan valmiissa Excel –raporttipohjassa. Kun käyttötarpeita vastaavat raporttipohjat ovat huolella tehtyjä, on raporttien tulostaminen tietomallista Tekla Organizerilla erittäin vaivatonta ja ne palvelevat sekä projektin tarjouspyyntö-, urakka-, että toteutusvaiheessa.



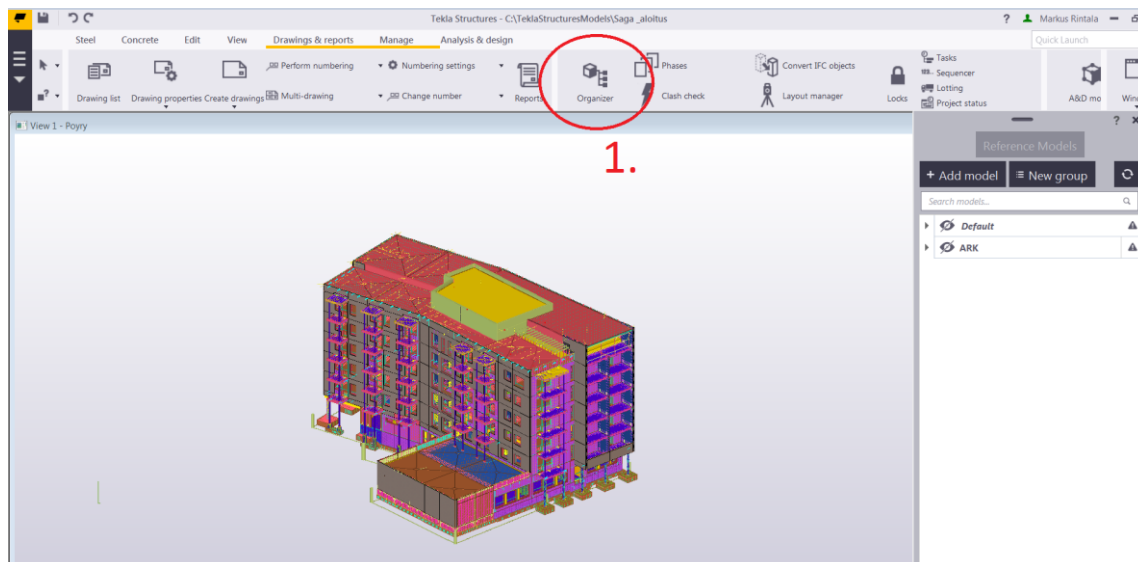
Tekla Structures										STATUS	
PO Box 1, Street address 1, 0245 City 1 Tel: 995 1234567 Fax: 555 7890121 Email: first.last@company.com											
Project name										Author	
Project address										List number	
Name	Content by Material by Material	Position n Profile	Top level	Height / m	Length / m	Width / m	Volume / m³	Weight / t	Phase	Section	Floor
6 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-66 685*100	108 800	795	3 285	100	0,2	0,562	1		
7 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-53 940*105	105 400	1 050	3 115	370	0,3	0,834	1		
8 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-49 2685*120	108 100	2 795	2 000	128	0,6	1,507	1		
9 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-3 940*105	105 400	1 050	3 135	105	0,3	0,774	1		
10 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-12 685*100	108 690	795	2 535	100	0,2	0,418	1		
11 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-13 685*100	108 690	795	3 135	100	0,2	0,539	1		
12 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-10 685*100	108 690	795	4 185	385	0,3	0,75	1		
13 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-50 685*85	108 800	795	4 560	85	0,3	0,666	1		
14 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-51 685*85	108 800	795	1 795	85	0,1	0,263	1		
15 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-14 685*100	108 800	795	2 815	100	0,2	0,485	1		
16 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-15 685*100	108 800	795	2 685	100	0,2	0,462	1		
17 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-16 685*100	108 800	795	4 335	100	0,3	0,744	1		
18 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-17 685*100	108 800	795	2 985	100	0,2	0,514	1		
19 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-18 685*100	108 800	795	1 785	100	0,1	0,308	1		
20 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-67 1385*100	109 500	1 495	4 115	100	0,6	1,43	1		
21 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-56 1385*100	109 500	1 495	4 115	100	0,6	1,43	1		
22 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-64 940*120	105 400	1 050	3 228	120	0,4	0,91	1		
23 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-5 940*120	105 400	1 050	3 328	120	0,4	0,938	1		
24 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-3 940*105	105 400	1 050	3 135	105	0,3	0,774	2		
25 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-3 940*105	105 400	1 050	3 135	105	0,3	0,774	1		
26 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-4 940*105	105 400	1 050	3 410	105	0,3	0,841	1		
27 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-6 795*120	109 610	905	6 395	120	0,6	1,545	1		
28 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-20 4195*120	109 616	4 311	3 526	150	1,7	4,136	1		
29 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-2 4195*120	109 616	4 311	3 526	149	1,7	4,207	1		
30 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-21 4195*120	109 616	4 311	3 586	149	1,8	4,386	1		
31 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-52 940*105	105 400	1 050	3 455	105	0,3	0,853	1		
32 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-57 4195*120	109 616	4 311	3 251	149	1,6	3,968	1		
33 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-62 4195*120	109 616	4 311	3 251	149	1,6	3,968	2		
34 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-65 4195*120	109 616	4 311	3 344	149	1,6	4,076	1		
35 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-1 4195*120	109 616	4 311	3 444	149	1,7	4,2	1		
36 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-35 1845*120	125 660	1 955	1 900	120	0,4	0,97	1		
37 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-48 2685*120	108 100	2 795	3 625	120	0,7	1,621	1		
38 KUORIELEMENTTI	CAST_UN CONCRE C30/37	KE-59 4195*120	109 616	4 311	3 251	407	1,7	4,36	1		

Kuva 4 Tekla Organizerista Excel –raporttipohjaan tuodut tiedot.

## Tekla Organizerin käyttö

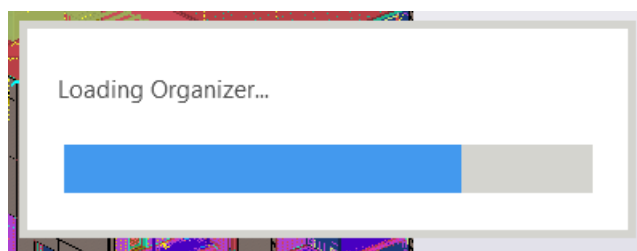
### Tekla 2017 ja Organizerin synkronoiminen

Tekla Organizerin käyttö aloitetaan avaamalla projekti Teklalla normaalisti. Kun projekti on latautunut, etsitään Teklan ylävalikosta Tekla Organizer painike (1.).



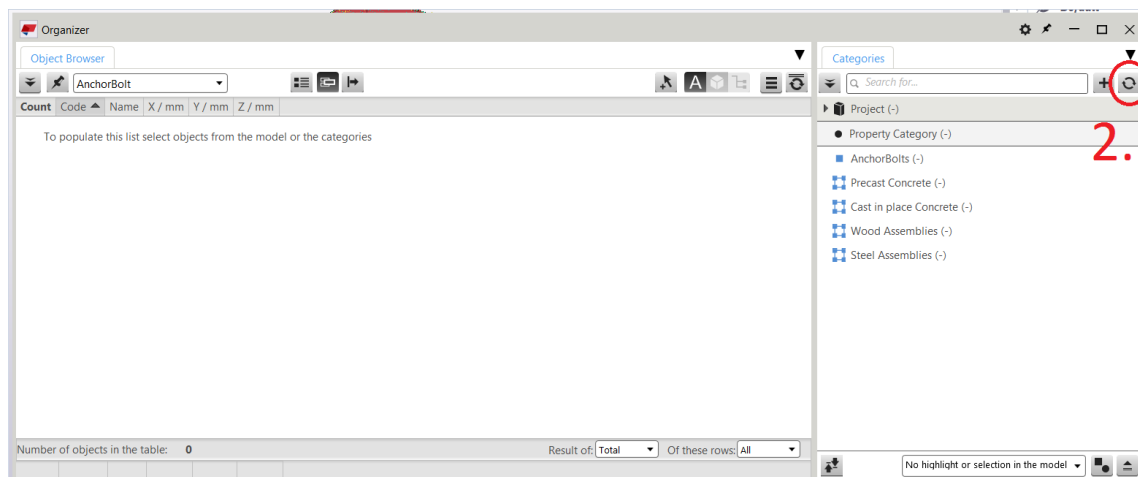
Kuva 5 Organizerin käynnistäminen.

Organizer avautuu, kun painiketta painaa.



Kuva 6 Lataus kuvake.

Organizer avautuu tietomallin päälle erillisessä ikkunassa. Tämän jälkeen Organizer on synkronoitava tietomallin kanssa painamalla synkronointipainiketta (2.).



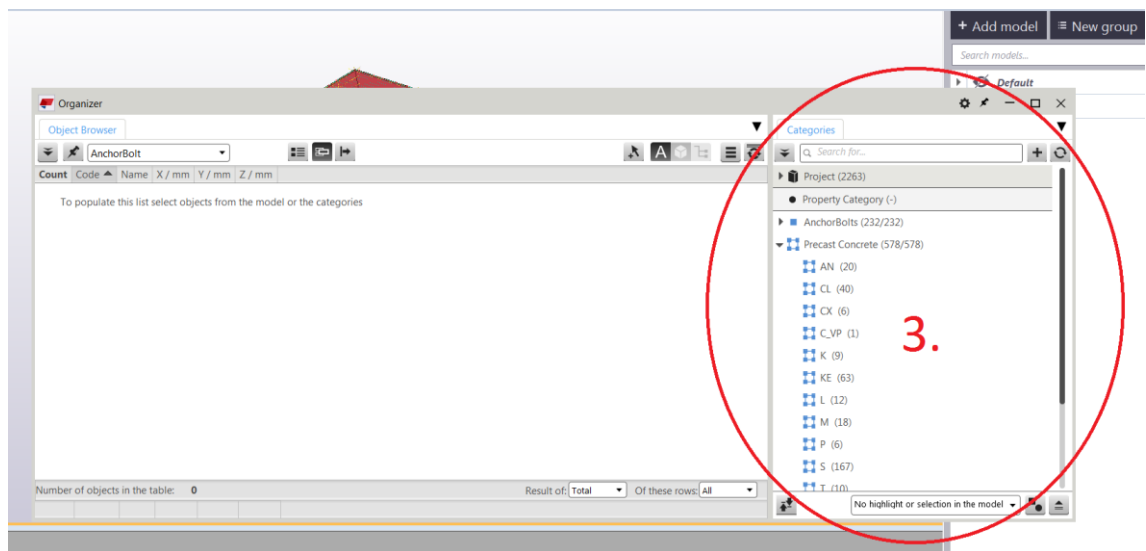
Kuva 7 Oragnizer sovellus.

Tämän jälkeen Organizer lataa tietomallista objektit ja niiden attribuuttitiedot. Ruudulla näkyy kuvan mukainen latauslaatikko.



Kuva 8 Organizerin synkronoiminen.

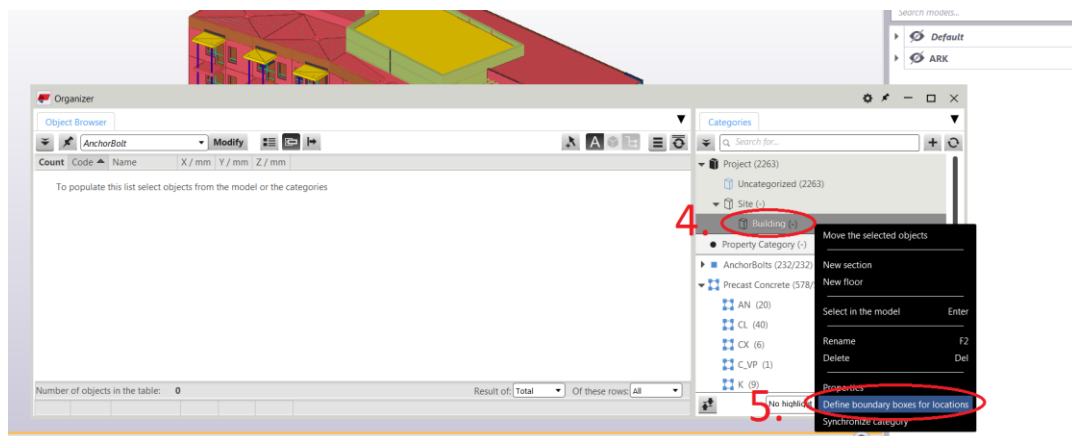
Organizer on nyt jaotellut tietomallin objektit kategorioihin objektien Prefixien mukaan (3.).



Kuva 9 Rakenneosien jaottelu.

## Tietomallin jako lohkoihin

Tietomallin pääsee jakamaan lohkoihin ja kerroksiin Organizerista menemällä Kategoriaikkunassa ”Site -> (4.) Building -> (5.) Define boundary boxes for locations”.



Kuva 10 Tietomallin jaottelu.

Nyt avautuu ikkuna ”Boundary boxes for locations”. Seuraavaksi kerrokset laitetaan joko suoraan moduuliverkon mukaan (6.) tai kirjoittamalla jokaiselle kerrokselle kerroksen alapinnan korko erikseen.

Boundary boxes for locations

Location definition for "Project > Site > Building" Unit: Millimeter (mm)

Building Sections **Floors** Settings

Floor system Floor system [X] + Floor system

+ Floors based on grid

+ Floor 0

Building [X]

Select buildings or sections to apply this floor system to them

Local building top

Floor	Local building top	Local building bottom
Floor 5	+120700.00 (120 7)	
Floor 4	+117700.00 (117 7)	3 000
Floor 3	+114700.00 (114 7)	3 000
Floor 2	+111700.00 (111 7)	3 000
Floor 1	+108700.00 (108 7)	3 000
Floor		Local building bottom

Kuva 11 Sijaintitietojen syöttäminen.

Sections välilehdeltä malli saadaan jaoteltua vastaavasti lohkoihin esimerkiksi moduuli-jaon mukaan, tai asettamalla manuaalisesti lohkojen X ja Y koordinaatit lohkolle. Building välilehdeltä malli saadaan tarvittaessa jaoteltua vastaavasti eri rakennuksiin, jos tietomallissa on useampi rakennus.

Boundary boxes for locations

Location definition for "Project > Site > Building" Unit: Millimeter (mm)

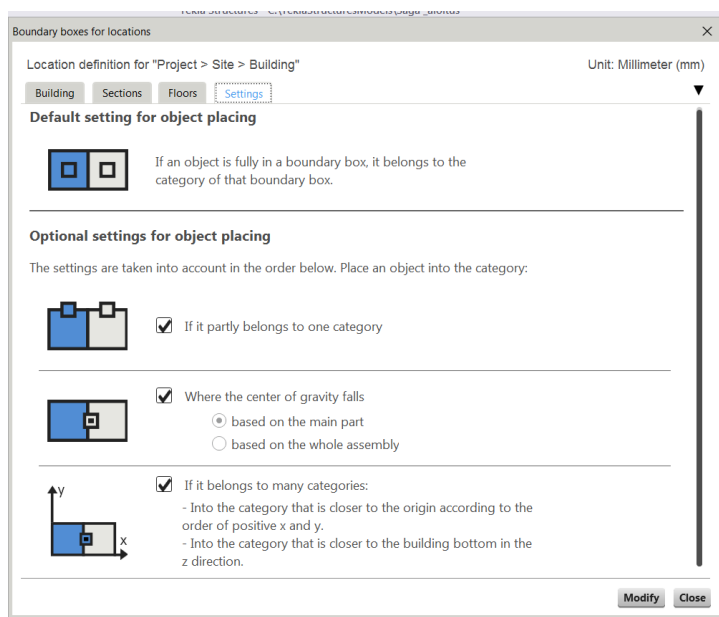
Building Sections **Floors** Settings

+ Section

Section name	Local X Axis	Local Y Axis	Local Z Axis
Section	A (31 600)	18 (15 000)	+105300.00 (1 5)
	E (60 800)	9 (35 700)	+123700.00 (1 3)

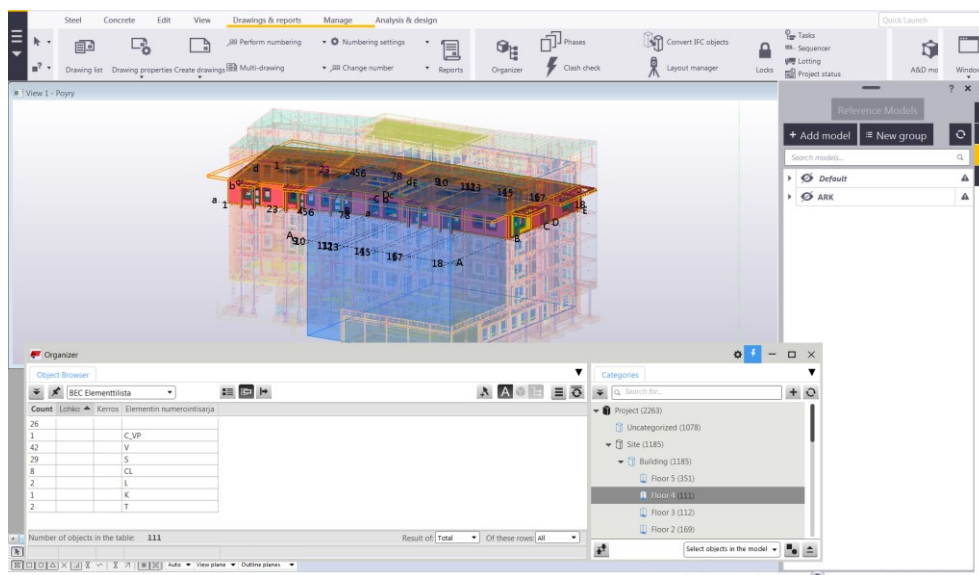
Kuva 12 Lohkot.

Settings välilehdelä saadaan aseteltua, kuinka Organizer jaottelee tietomallissa kahden lohkon rajalla olevan objektin.



Kuva 13 Lohkojaottelun asetukset.

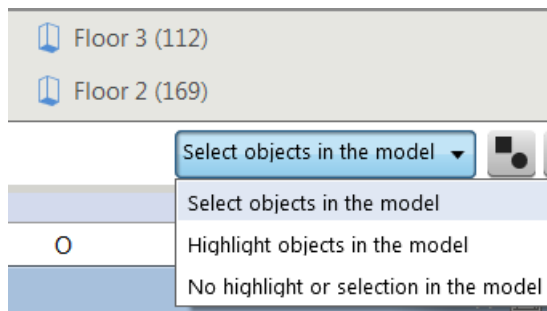
Lopuksi painetaan ”Modify”, jonka jälkeen Organizer jaottelee mallin edellä annettujen lokaatio laatikoiden mukaan. Tämän jälkeen tietomallia voi tarkastella annettujen lokaatioiden mukaan, kuten esimerkiksi seuraavassa kuvassa on valittu 4 kerroksen objektit.



Kuva 14 Kerroksen 4 objektit korostettuna mallissa.



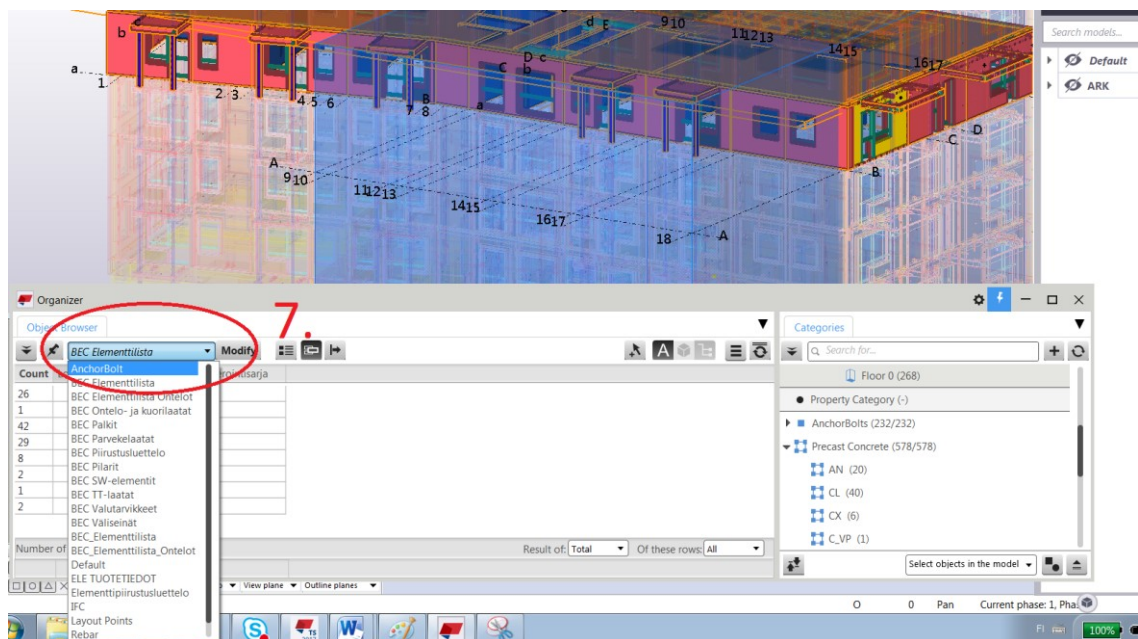
Organizerista pystytään valitsemaan, halutaanko objektit valita ja aktivoida tietomallista vai pelkästään korostaa.



Kuva 15 Objektien korostaminen ja valitseminen.

## Listauksien tekeminen ja vieminen Exceliin

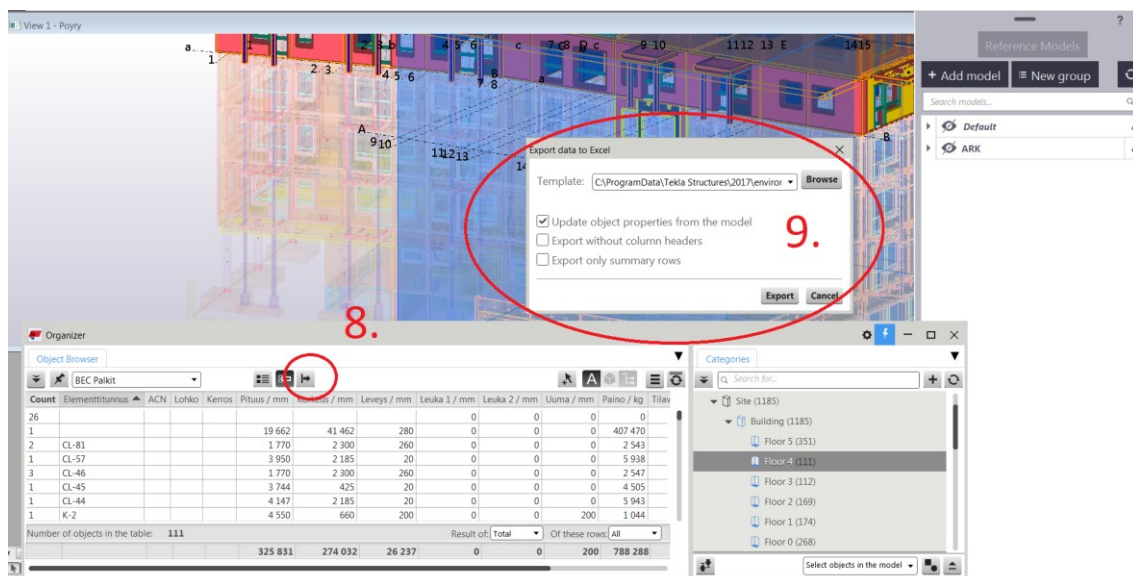
Tekla Organizerilla pääsee tekemään listauksia vasemman yläkulman valikosta (7.). Tässä valikossa tulisi olla kaikki Pöyryllä käytössä olevat listaukset päivitettyinä. Listaus hakee Teklan tietomallista objekteille annetut attribuutit ja täydentää ne automaattisesti valittuun listaan. Esimerkiksi oikeasta kategoriavalikosta voidaan valita Pilarit ja tehdä vasemman valikon (7.) avulla listaus mallin pilarelementeistä. Tällöin Organizer listaa pilareiden määrät elementtitunnuksen mukaan, kerrokset, lohkot, pääosan dimensiot, pituudet, painot ja tarvittaessa muut listaukseen asetetut tiedot.



Kuva 16 Listausvalikko.

Listauksen pääsee tulostamaan Excel-pohjaan painikkeesta (8.) "Export data to Excel". Painiketta painaessa avautuu seuraava ikkuna (9.).





Kuva 17 Listan vieminen Exceliin.

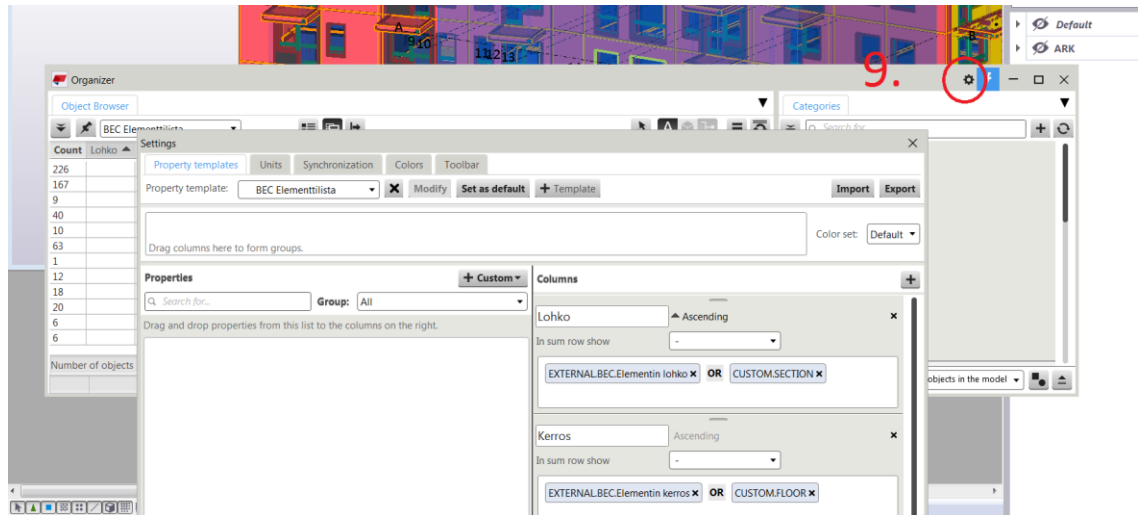
Ikkunasta valitaan Excel-pohjan kansio ja painetaan Export. Valittu listaus avautuu suoraan ennalta määrättyssä Excel-pohjassa ja listauksen tiedot sijoittuvat automaattisesti oikeille sarakkeille kuten seuraavasta kuvasta nähdään.

Count	Elementit	ACN	Lohko	Kerros	Pituus / m	Korkeus / m	Leveys / m	Leuka 1 / m	Leuka 2 / m	Uuma / m	Pano / kg	Tilavuus / m³	Raudotus / Arvio kg/m³
26	1				19 662	41 462	280	0	0	0	407 470	162.99	
2	CL-81				1 770	2 300	260	0	0	0	2 543	1.02	
3	CL-57				3 950	2 185	20	0	0	0	5 938	2.38	
3	CL-46				1 770	2 300	260	0	0	0	2 547	1.02	
1	CL-45				3 744	425	20	0	0	0	4 505	1.8	
1	CL-44				4 147	2 185	20	0	0	0	5 943	2.38	
1	K-2				4 550	660	200	0	0	200	1 044	0.42	
1	L-7				1 220	2 800	260	0	0	0	1 979	0.79	
1	L-6				1 380	2 800	260	0	0	0	2 300	0.92	
1	S-278				4 635	2 705	240	0	0	0	5 751	2.2	
1	S-277				4 635	2 990	475	0	0	0	4 457	1.69	
1	S-276				4 785	2 990	475	0	0	0	4 719	1.79	
1	S-273				2 835	2 985	475	0	0	0	3 740	1.43	
1	S-271				4 185	2 985	475	0	0	0	5 375	2.05	
1	S-270				4 785	2 990	475	0	0	0	4 708	1.78	
1	S-269				2 985	2 985	475	0	0	0	3 603	1.37	
1	S-268				4 690	2 990	475	0	0	0	4 662	1.77	
1	S-267				4 311	2 990	475	0	0	0	4 005	1.51	
1	S-266				4 545	2 990	475	0	0	0	4 490	1.7	
1	S-265				1 896	2 985	475	0	0	0	3 190	1.22	
1	S-264				3 443	2 990	475	0	0	0	2 872	1.09	
1	S-263				4 660	2 990	475	0	0	0	5 260	2	
1	S-260				4 635	2 990	475	0	0	0	4 720	1.79	
1	S-242				2 985	2 985	475	0	0	0	3 724	1.42	
1	S-241				3 435	2 985	475	0	0	0	4 662	1.78	
1	S-239				5 235	2 985	475	0	0	0	4 749	1.8	
1	S-238				3 135	2 985	475	0	0	0	4 271	1.63	
1	S-237				4 827	2 705	240	0	0	0	6 614	2.54	

Kuva 18 Organizerista tulostettu lista Excelissä avattuna.

## Listauksien muokkaaminen

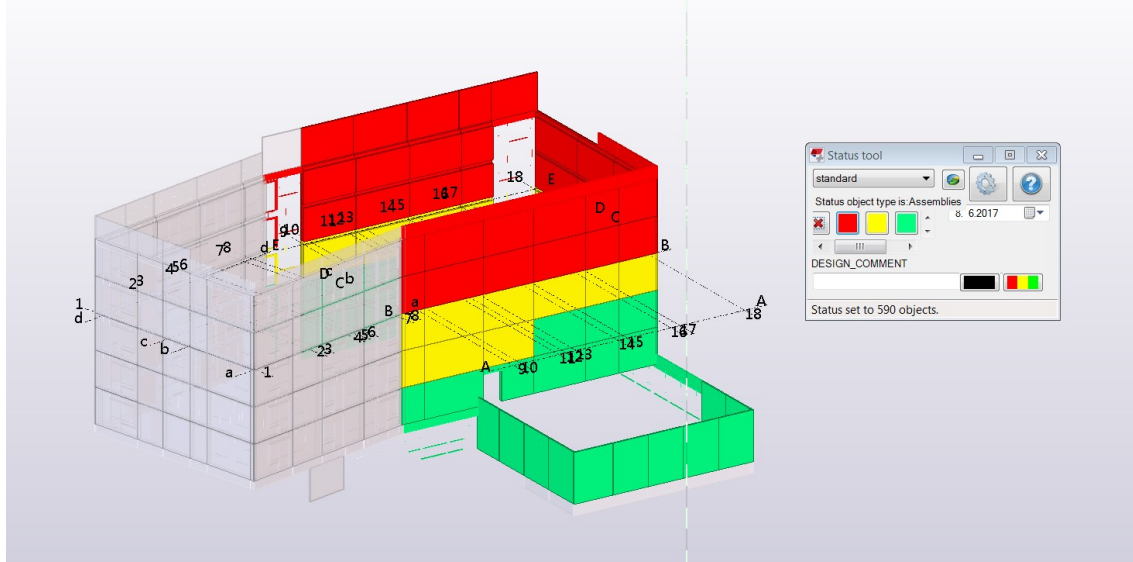
Teklan listauksien asetukset tulisi olla aina ajan tasalla jo silloin, kun projektia aloitetaan. Listauksien toimiminen vaatii koko projektin aikana kuitenkin sitä, että kaikki tietomallissa mallinnusta tekevät suunnittelijat käyttäytyvät yhteisien suunnittelukäytäntöjen mukaisesti ja suunniteltavien osien Prefix- ja UDA-tiedot ovat aina oikein mallinnettavissa osissa. Tarvittaessa listauksien asetuksia pääsee muokkaamaan asetukset painikkeesta (9.).



Kuva 19 Listauksien muokkaaminen.

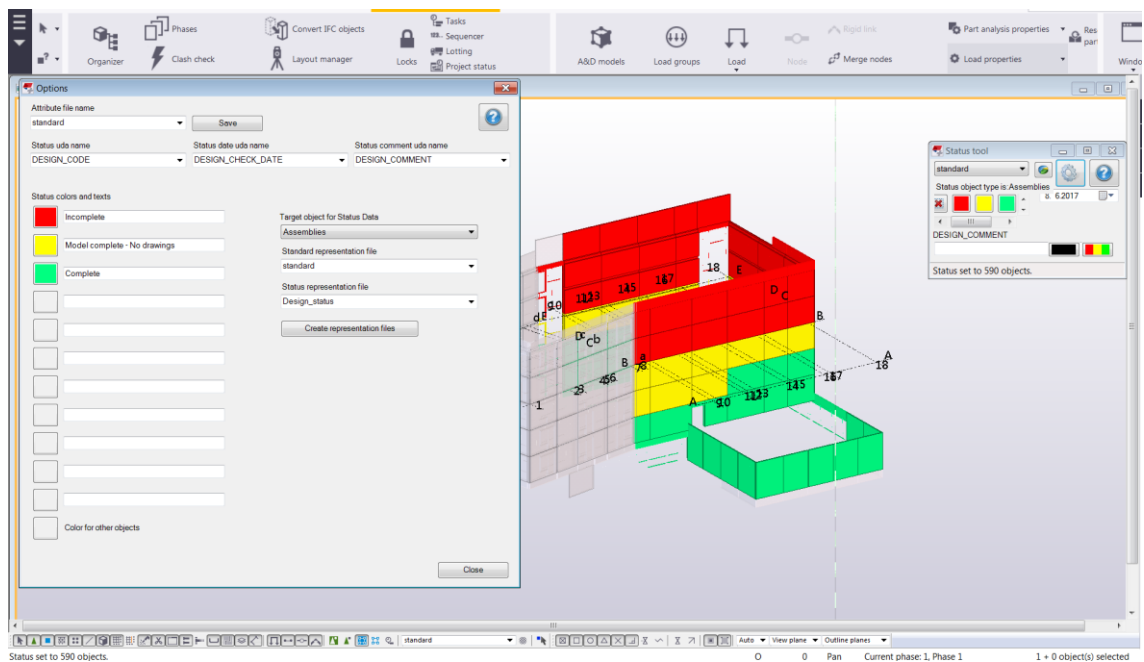
## Status Tool ja sen käyttö

Tekla Structures ohjelmistoon ilmaiseksi ladattavissa oleva Status Tool liitännäinen on kätevä ja visuaalinen työkalu projektin suunnitteluun ja valmiusasteen valvomiseen. Status Toolilla suunnittelija, projektipäällikkö tai muu tietomallin käyttäjä pystyy lisäämään ja tarkastelemaan rakenneosien valmiusastetietoja. Lisäksi Status Toolilla pystytään luomaan malliin visuaalinen esitys määriteltujen asetusten pohjalta. Yksinkertaisimmillaan Status Toolilla voidaan asettaa esim. kuvan (Kuva 20) mukaisesti kolmeasteinen seinä elementtien valmiusaste. (Tekla Structures 2017)



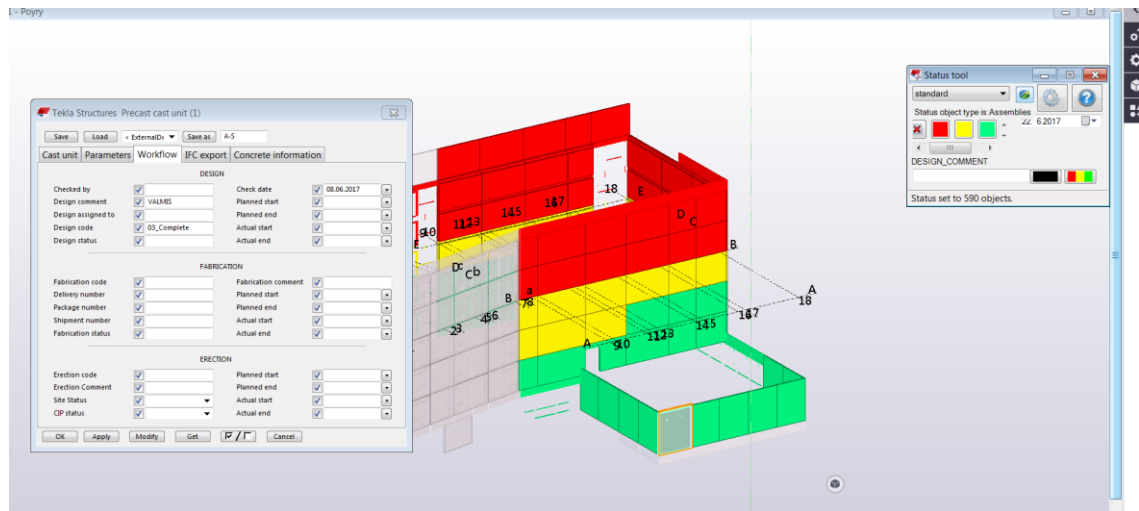
Kuva 20. Seinäelementtien valmiusasteen luominen.

Status Toolilla valitaan tietomallista halutut elementit ja asetetaan niille valmiusaste ja päiväys. Valmiusasteita pääsee muokkaamaan Status Toolin asetukset osiosta (Kuva 21). Tässä valikossa voi määrittää useamman valmiusasteen ja nimetä ne tarpeen mukaan. Asetuksista voi muokata myös haluamiaan tietokenttiä ja esitystapoja projektin tarvetta vastaavaksi.



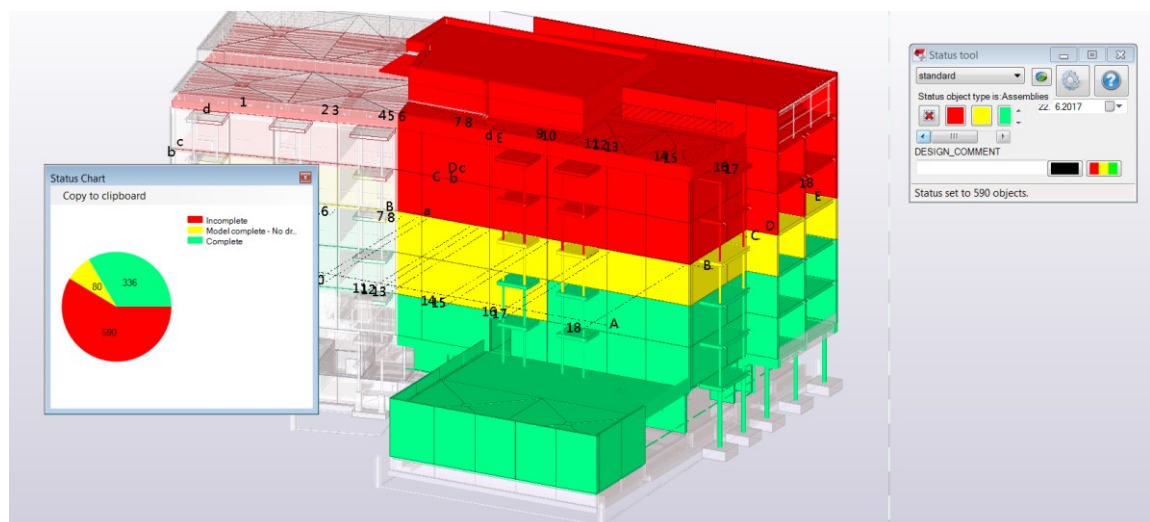
Kuva 21. Status Toolin asetukset.

Status Toolilla määritellyt valmiusasteet, päiväykset ja muut tiedot tallentuvat mallin rakenneosien valuyksiköiden ”Workflow” -välilehdelle kuvan (Kuva 22) mukaisesti. Rakenne osat vaihtavat väriään mallissa määrittelyjen mukaisesti Status Toolia käytettäessä, mikä helpottaa tietomallin tarkistamista ja seuraamista tulevaisuudessa.



Kuva 22. Status Toolilla määritellyt valmiusaste asetukset.

Status Toolilla pystytään vielä visualisoimaan rakennuksen tai rakenteiden valmiusastetta ja esittämään valittujen rakenneosien ”status” -tiedot ympyrädiagrammissa. Kuvassa (Kuva 23) on esitetty elementtirakenteiden tämänhetkinen tila rakennuksen suunnittelussa. Vihreällä värillä on esitetty valmiit elementit, keltaisella raudoitettut elementit ja joista ei ole tehty valmistuskuvia. Punaisella värillä on esitetty ne elementit joiden suunnittelua ei ole vielä aloitettu. Valmiusastetietojen tulostamista varten on tehtävissä Tekla Organizer sovelluksella automatisoituja raportteja, joiden avulla pystytään helpottamaan projektipäälliköiden työtä.



Kuva 23. Status Tool visualisointi.

## **Lähteet**

Tekla Structures. Organizer: a new tool for accessing and managing model information [verkkoaineisto]. [viitattu 8.6.2017]. Saatavissa: [https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/rel\\_200\\_mod\\_new\\_tool\\_for\\_organizing\\_the\\_model](https://teklastructures.support.tekla.com/200/en/rel_200_mod_new_tool_for_organizing_the_model).

Tekla Structures. Status Tool. [verkkoaineisto]. [viitattu 8.6.2017]. Saatavissa: [https://teklastructures.support.tekla.com/210/en/ext\\_status\\_tool](https://teklastructures.support.tekla.com/210/en/ext_status_tool).

## Liite 4

# SFS-EN ISO STANDARDIT BETONIELEMENT- TIRAKENTAMISEN PIIRUSTUKSISSA

### Sisällys

EUROOPPALAINEN STANDARDI.....	2
<i>ISO 4172:1996 - Elementtirakenteiden asennuspiirustukset .....</i>	<i>2</i>
<i>ISO 7437:1990 – Elementtien valmistuspiirustuksien yleiset säännöt .....</i>	<i>4</i>
<i>ISO 7200:2004 - Otsikkoalueen ja asiakirjan ylätunnisteen tietokenttä .....</i>	<i>5</i>

## ***Eurooppalainen standardi***

The International Organization for Standardization (ISO) on maailmanlaajuinen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto. ISON tekniset komiteat valmistelevat ISO-standardit ISO/IEC:n sääntöjä noudattaen (Suomen Standardoimisliitto 2017). Betonielementtirakenteiden suunnittelua ja dokumentointia käsittelevät eurooppalaiset EN ISO 4172:1996, 7200:2004 ja 7437:1996 standardit. Standardi 4172:1996 käsittelee elementtipiirustuksien asennuspiirustuksia, standardi 7437:1990 käsittelee elementtien komponenttien valmistuspiirustuksien yleisiä sääntöjä ja standardi 7200:2004 käsittelee teknisten tuotedokumenttien otsikkoalueen ka asiakirjan ylätunnisteen tietokenttiä. Nämä standardit ovat vahvistettu suomalaisiksi kansallisiksi standardeiksi ja ne määrittelevät piirustuksien ja dokumenttien sisältöä. Näiden standardien pohjalta on tehty tarkempia ohjeistuksia, joista tässä tutkielmassa on vertailukohteena käytetty Suomen Rakennusinsinöörien Liiton rakennesuunnittelun asiakirjaohjetta RIL 229-1 2013. Seuraavissa kappaleissa on käyty läpi eurooppalaisen standardin määrittelemät tietosisällöt elementtipiirustuksille. (Suomen Standardoimisliitto 2017; SFS-EN ISO 4172 1996)

## **ISO 4172:1996 - Elementtirakenteiden asennuspiirustukset**

ISO 4172 standardi määrittelee yleiset säännöt työmaalla asennettavien elementtirakenteiden asennuspiirustuksille. Elementtipiirustuksien dokumentoinnin tulisi sisältää

- Sijainti-/mittapiirustuksen,
- detaljpiirustuksen,
- komponentin aikataulun ja
- tarvittavat lisämäärittelyt ja listat lisävarusteista sekä erityiset kuljetusvaatimukset.

(SFS-EN ISO 4172 1996)

## **Sijaintipiirustus**

Sijainti-/Mittapiirustus on yksinkertaistettu esitys suunnitellusta elementistä ja sen sijainnista. Tarvittaessa Sijaintipiirustuksessa voidaan esittää kaavioita tai kuormitustietoja, jotka osoittavat kuormitusrajoituksia, asennusmenetelmiä tai muita asennukseen liittyviä yksityiskohtia. Sijaintipiirustuksen otsikoinnissa tulisi olla viittaus kerrosnumeroon tai lattiaan korkoon. Sijaintipiirustukseen elementit merkitään nimellä ja identtiset komponentit tulisi nimetä samalla nimellä. (SFS-EN ISO 4172 1996)

Sijaintipiirustuksessa tulisi näyttää

- rakennuksen moduuliviivat,
- komponenttien nimet,
- komponenttien suhde moduulilinjoihin,
- komponenttien täsmällinen korko ja
- viittaus detaljpiirustukseen.

Sijainti-/Mittapiirustuksessa olisi suositeltavaa näyttää myös

- perustusten ääriviivat,
- alapuoliset rakenteet katkoviivalla,
- niiden mitat,
- niiden suhde moduuliverkkoon,
- perustuspalkit ja
- kellarin seinät.

(SFS-EN ISO 4172 1996)

## **Detaljipiirustus**

Detaljit esitetään joko erillisessä piirustuksessa, tai ne voidaan sisällyttää lisätietona sijaintipiirustukseen ja ne tulee sijoittaa asialliselle paikalle. Detaljien suositellut mitta-kaavat ovat 1:20, 1:10 ja 1:5. Detaljipiirustuksien päätarkoitus on esittää liitoksien toteutus. Liitokset osoittavat elementtien suhteen ja miten ne liittyvät toisiinsa. (SFS-EN ISO 4172 1996)

Detaljipiirustuksessa tulisi esittää

- rakennuksen moduuliverkko,
- liitoksen mitat ja vaadittavat toleranssit,
- sijaintipiirustuksessa esitettyjen komponenttien nimet ja vaadittaessa lisämerkinnät liitettävistä pinnoista,
- liitöntäpa (hissi, pulttaus tai saumaraudoitus ja -valu) ja
- sisäänrakennetut osat ja liitosdetaljit sisällyttäen käytettävät tuotteet.

Kaksi liitosta, jotka ovat peilikuvat toisilleen, tulee esittää itsenäisinä detaljeina. Elementin asennusta, pystytystä, liitoksen viimeistelyä yms. varten tarvittavat detaljit voidaan erotella nimeämällä tai symbolein, jotka on selitetty piirustuksessa. (SFS-EN ISO 4172 1996)

## **Komponenttien aikataulut**

Komponenttien aikataulu on dokumentti, jossa listataan esivalmistetut rakenteet. Jos komponenttien aikataulut on jaoteltu usealle asiakirjalle, niistä jokaisella tulee olla oma otsikkokenttä asetettuna aikataulun alle. Komponenttien aikataulun tulisi sisältää

- komponenttien yksilölliset nimitiedot,
- komponenttien nimellisarvo ja
- komponenttien määrä.



Komponenttien aikatauluun olisi suositeltavaa sisällyttää myös

- massat kilogrammoina tai tonneina,
- koot,
- kokonaismassa kilogrammoina tai tonneina,
- erityiset viittaukset ja
- huomautukset.

(SFS-EN ISO 4172 1996)

## **ISO 7437:1990 – Elementtien valmistuspiirustuksien yleiset säännöt**

ISO 7437 standardi määrittelee yleiset säännöt elementtirakenteiden toteutus- ja valmistuspiirustuksille. Esivalmistettujen rakenneosien piirustuksien tulee määritellä osien koostumus ja muoto. Komponentit tulee mitoittaa ja niiden kaikki valmistuksessa, tarkastuksessa ja jatkokäsittelyssä tarvittavat tiedot tulee esittää piirustuksissa. Näitä tarvittavia tietoja ovat esimerkiksi

- komponenttien nimitiedot,
- raudoitukset,
- pintojen vaatimukset,
- sisäänrakennetut osat, reiät, syvennykset ja urat,
- varaus muotista helpolle poistamiselle ja
- turvalaitteet nostamista ja varaukset käsittelylle, kuljetukselle ja varastoinnille.

Valmistuspiirustukset toteutetaan asiaankuuluvan kansainvälisen standardin mukaan ja paperikoot valitaan ISO 5457 standardin mukaisesti. Valmistuspiirustuksien suositellut mittakaavat ovat ISO 5455 standardin mukaan päänäkyville 1:50, 1:20, 1:10 sekä detaljeille 1:20, 1:10, 1:5, 1:2 ja 1:1. Näkymät ja leikkaukset tulee esittää ISO 128 mukaisilla referenssinuolilla ja mitoituksessa suositellaan käytettäväksi yleistä origoa. Ympyränmuotoiset syvennykset ja kolot tulee mitoittaa niiden keskiviivasta ja neliskulmaiset niiden reunoista. Yleiset toleranssit annetaan usein teknisissä tiedoissa. Jos tarpeellista, ne osoitetaan asiaankuuluvien merkein ISO 6284 standardin mukaan. (SFS-EN ISO 7437 1990)

### **Komponentin nimitieto**

Komponenttien nimitiedot osoitetaan selkeästi piirustuksissa ja jos samassa piirustuksessa esitetään useampi kuin yksi komponentti, nimeämistiedot esitetään vierekkäin pääkuvan komponentin kanssa. (SFS-EN ISO 7437 1990)

### **Raudoitukset**

ISO 3766 standardissa esitetään raudoituksien esitystapa. (SFS-EN ISO 7437 1990)

## **Pintojen vaatimukset**

Pintojen vaatimukset on usein esitetty teknisissä tiedoissa. Erityiskäsittelyä vaativien pintojen rajat tulee esittää piirustuksissa paksulla pistekatkoviivalla. (SFS-EN ISO 7437 1990)

## **Sisäänrakennetut osat**

Sisäänrakennetut osat tulee osoittaa tarkasti piirustuksissa ja tarvittaessa niistä tehdään detaljit tai viittaukset teknisiin tietoihin, katalogeihin tai tyyppeihin. (SFS-EN ISO 7437 1990)

## **Varaus muotista helposti poistettavuuteen**

Varaus, joka vaikuttaa komponentin muotoon, tulee osoittaa ja mitoittaa piirustukseen ja muut varaukset esitetään usein teknisissä tiedoissa. (SFS-EN ISO 7437 1990)

## **Turvalaitteet nostamiselle, varaukset käsittelylle, kuljetukselle ja varastoinnille**

Nostosilmukoiden ja muiden tukilaitteiden paikat tulee esittää piirustuksessa yksinkertaistetusti ja pienennetyssä mittakaavassa. Kohtien sijainti ja laajuus tulee mitoittaa toleransseineen. Jos nostosilmukoiden ja tukien paikat täytyy merkitä, merkitsemistapa tulee selvittää piirustuksessa tai teknisissä tiedoissa. Kuljetuksen ja säilytyksen vaatimukset tulee esittää teknisissä tiedoissa. (SFS-EN ISO 7437 1990)

## **ISO 7200:2004 - Otsikkoalueen ja asiakirjan ylätunnisteen tietokenttä**

ISO 7200 standardi määrittelee otsikkotauluissa ja teknisten asiakirjojen otsikoissa käytettävät tietokentät sekä käsintehdyssä, että tietokonepohjaisessa suunnittelussa. ISO 7200 standardin tarkoituksena on varmistaa, että asiakirjat ovat yhteensopivia ja siten helpottaa asiakirjojen vaihtoa. Asiakirjahallintajärjestelmiä käytettäessä on pidettävä huoli, että tiedot on syötetty oikeaan tietokenttään ja oikealla tavalla, jotta järjestelmän toiminnot toimisivat tyydyttävällä tavalla. Otsikkoalueen sijoittelussa on esitetty standardissa ISO 5457. Otsikkoalueen tietokentät voidaan jakaa

- tunnisteiden tietokenttään,
- kuvaileviin tietokenttiin ja
- hallinnollisiin tietokenttiin.

(SFS-EN ISO 7200 2004)

## **Tunnisteiden tietokenttä**

Pakollisia tietoja ovat piirustuksen omistaja, tunnistenumero, julkaisupäivämäärä ja lohkon/arkin numero, kun taas valinnaisia ovat muutostunnus, lohkojen/arkkien lukumäärä ja kielikoodi. Otsikkoalueen on oltava taulukon (Taulukko 1) mukainen. (SFS-EN ISO 7200 2004)

**Taulukko 1.**

Kentän nimi	Kieliriippuvuus	Suosittelun määrä	Pakollisuus
Omistaja	-	Määrittelemätön	M
Tunnistenumero	Ei	16	M
Muutostunnus	Ei	2	O
Julkaisupäivämäärä	Ei	10	M
Lohkon/arkin numero	Ei	4	M
Lohkojen/arkkien lukumäärä	Ei	4	O
Kielikoodi	Ei	4/kieli	O

M = Pakollinen

O = Valinnainen

**Omistaja** tarkoittaa asiakirjan omistajan nimeä virallisena, lyhenteenä tai logona (toiminimi, yritys, tms.). **Tunnistenumero** toimii asiakirjan viitteenä ja sen on oltava yksilöllinen. **Muutostunnuksella** osoitetaan asiakirjan muutostila siten, että eri versiot on numeroitu peräkkäiseen järjestykseen (esim. 1, 2, 3.. tai A, B, C...). Vaihtoehtona toimii julkaisupäivällä revisiointi. **Julkaisupäivämäärä** on asiakirjan virallinen ensimmäinen julkaisupäivä, sekä jokaisen sitä seuraavan julkaisun päivämäärä. Julkaisupäivä on oikeudellisista syistä tärkeä. **Lohkon/arkin numero** on lohkon/arkin tunniste. Asiakirja voidaan jakaa kiinteisiin osiin, joita kutsutaan lohkoiksi ja teknisissä piirustuksissa arkeiksi. **Lohkojen/arkkien lukumäärä** kertoo asiakirjojen sisältämien lohkojen tai arkkien lukumäärän. **Kielikoodilla** ilmaistaan kieli, jolla asiakirjan kieliriippuvaiset osat on esitetty ja se perustuu standardiin ISO 639. (SFS-EN ISO 7200 2004).

## Kuvailevat tietokentät

Otsikkoalueen kuvailevissa tietokentissä pakollista on otsikko ja valinnaista ovat lisäotsikot taulukon (Taulukko 2) mukaisesti. **Otsikko** viittaa asiakirjan sisältöön ja yksityiskohtaisempaa tietoa voidaan antaa lisäotsikoissa. Osan tiettyä käyttöä tai sovellusta varten rajaavia otsikoita pitäisi välttää. Otsikoiden niminä pitäisi käyttää vakiintuneita termejä, jotta asiakirjojen haku olisi tehokasta. **Lisäotsikkoa** voidaan tarvittaessa käyttää tarjoamaan lisätietoa kohteesta, mutta on huomioitava, että joissakin tapauksissa vain otsikkokenttä näytetään. Lyhenteitä pitäisi välttää. (SFS-EN ISO 7200 2004.)

**Taulukko 2.**

Kentän nimi	Kieliriippuvuus	Suosittelun määrä	Pakollisuus
Otsikko	Kyllä	25/30 <sup>a</sup>	M
Lisäotsikko	Ei	2 x 25/30 <sup>a</sup>	O

M = Pakollinen

O = Valinnainen

<sup>a</sup> = 30 tukemaan kaksitavuisia kieliä kuten japania tai kiinaa.

## Hallinnolliset tietokentät

Hallinnollisien tietokenttien pakollisia kohtia ovat hyväksyjä, tekijä ja asiakirjatyyppe sekä valinnaisia kohtia ovat vastuullinen osasto, tekninen tuki, luokitus/avainsanat, asiakirjan tila, sivunumero, sivumäärä ja arkkikoko taulukon (Taulukko 3) mukaisesti. (SFS-EN ISO 7200 2004)

**Taulukko 3.**

Kentän nimi	Kieliriippuvuus	Suositeltu merkki-määrä	Pakollisuus
Vastuullinen osasto	Ei/Kyllä <sup>a</sup>	10	O
Tekninen tuki	Ei/Kyllä <sup>a</sup>	20	O
Hyväksyjä	Ei/Kyllä <sup>a</sup>	20	M
Tekijä	Ei/Kyllä <sup>a</sup>	20	M
Asiakirjatyyppe	Kyllä	30	M
Luokitus/avainsanat	Ei/Kyllä <sup>a</sup>	Määrittelemätön	O
Asiakirjan tila	Kyllä	20	O
Sivunumero	Ei	4	O
Sivumäärä	Ei	4	O
Arkkikoko	Ei	4	O

M = Pakollinen

<sup>a</sup> = ”Kyllä” tukemaan erityyppisiä aakkostoja.

O = Valinnainen

**Vastuullinen osasto** tarkoittaa asiakirjan sisällöstä ja huollosta julkaisuhetkellä vastuussa olevaa organisaation yksikköä. Yksikkö voi olla ilmoitettu nimellä tai koodilla. **Tekninen tuki** ilmaisee yhteyshenkilöksi nimetyn henkilön, jolla on riittävä tietämys asiakirjan teknisestä sisällöstä. Teknisen tuen on oltava asiakirjan omistavan organisaation henkilö ja hän vastaa, organisoi ja toimii tiedusteltaessa. **Hyväksyjä** hyväksyy asiakirjan. Hyväksyjän lisäksi asiakirjan voi tarkastaa joukko asiantuntijoita ja näiden nimet voidaan esittää otsikkoalueella tai erillisessä asiakirjan osassa. **Tekijä** on asiakirjan valmistellut tai muuttanut henkilö. Asiakirjan tehtävä suhteessa sen tietosisältöön ja esitystapaan nähden esitetään **asiakirjatyypikentässä** ja se toimii yhtenä tärkeimmistä asiakirjan hakutavoista. **Luokitus/avainsanat** kentällä asiakirja luokitellaan hakuja varten. **Asiakirjan tila** ilmaisee asiakirjan elinkaaren vaiheen käyttämällä esimerkiksi termejä ”valmistelevana”, ”hyväksyttävänä” tai ”peruutettu”. **Sivunumero** kertoo sivun ja se on usein automatisoitu. **Sivumäärä** riippuu käytettävästä esitysmuodosta ja on usein automatisoitu. **Arkkikoko** ilmaisee alkuperäisen asiakirjan lomakekoon. (SFS-EN ISO 7200 2004)